



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN”

Sergio Berges Viniegra  
Jose Javier Crespo Ganuza  
Pamplona, Marzo 2013



## ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN”

### MEMORIA

Sergio Berges Viniegra

Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Marzo 2013

## **ÍNDICE:**

### **1. Memoria**

1.1 INTRODUCCIÓN	7
1.1.1 Objeto del Proyecto	7
1.1.2 Situación del Proyecto	7
1.1.3 Descripción de la parcela, superficie y edificio	7
1.1.4 Descripción de la actividad	8
1.1.5 Suministro de Energía	9
1.2 PREVISIÓN DE CARGA	9
1.2.1 Distribución de los cuadros	9
1.3 NORMATIVA	10
1.4 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN	11
1.4.1 Introducción	11
1.4.2 Tipos de Esquemas de Distribución	11
1.4.3 Solución adoptada para el esquema de distribución	12
1.5 ILUMINACIÓN	12
1.5.1 Introducción	12
1.5.2 Alumbrado Interior	13
1.5.3 Alumbrado Exterior	15
1.5.4 Alumbrado Emergencia y Señalización	15
1.5.5 Accionamiento de las Luminarias	19
1.6 DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA INSTALACIÓN	19
1.6.1 Introducción	19
1.6.2 Factores para el cálculo de los conductores	19
1.6.2.1 Calentamiento	19
1.6.2.2 Caída de Tensión y Pérdida de Potencia	20
1.6.3 Prescripciones Generales	21

1.6.3.1 Naturaleza de los Conductores	21
1.6.3.2 Conductores de Protección	21
1.6.4 Sistemas de Canalización	22
1.6.4.1 Canalizaciones	22
1.6.4.2 Tubos Protectores	22
1.6.5 Receptores	25
1.6.5.1 Introducción	25
1.6.5.2 Receptores para Motores	25
1.6.5.3 Receptores para Alumbrado	25
1.6.6 Tomas de Corriente	26
1.6.6.1 Introducción	26
1.6.6.2 Tipos de Tomas de Corriente	26
1.6.6.3 Situación y numero de Tomas de Corriente	26
1.6.7 Interruptores y Contactores	27
1.6.8 Cálculos de las Intensidades de Línea	27
1.6.9 Cálculos de los conductores de baja tensión	28
1.6.10 Soluciones adoptadas	30
1.6.10.1 Conductores	30
1.6.10.2 Canalizaciones	31
1.7 PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN	32
1.7.1 Introducción	32
1.7.2. Conceptos básicos	32
1.7.3 Protección de la instalación	33
1.7.3.1 Protección contra sobrecargas	34
1.7.3.2 Protección contra cortocircuitos	35
1.7.3.3 Cálculo de las corrientes de cortocircuito	36
1.7.3.4 Cálculo de las impedancias	39
1.7.4 Protección de las personas	41
1.7.4.1 Protección contra contactos directos	41
1.7.4.2 Protección contra contactos indirectos	42
1.7.5 Solución Adoptada	43
1.7.5.1 Cuadro general de distribución	44



1.7.5.2 Cuadro secundario I	46
1.7.5.3 Cuadro secundario II	51
1.7.5.4 Cuadro secundario III	54
1.7.5.5 Cuadro secundario IV (oficina)	58
1.7.5.6 Cuadro secundario V (alumbrado 1)	65
1.7.5.7 Cuadro secundario VI (alumbrado 2)	71
 1.8 PUESTAS A TIERRA	 77
1.8.1 Introducción	77
1.8.2 Objetivo de la puesta a tierra	78
1.8.3 Partes de la puesta a tierra	78
1.8.3.1 El terreno	78
1.8.3.2 Las tomas de tierra	79
1.8.3.2.1 Electrodo	79
1.8.3.2.2 Línea de enlace con tierra	80
1.8.3.2.3 Punto de puesta a tierra	80
1.8.3.3 La línea principal de tierra	80
1.8.3.4 Las derivaciones de las líneas principales de tierra	81
1.8.3.5 Los conductores de protección	81
1.8.4 Elementos a conectar a la toma de tierra	81
1.8.5 Solución adoptada	82
 1.9 POTENCIA A COMPENSAR	 82
 1.10 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	 83
1.10.1 Introducción	83
1.10.2 Reglamentación y disposiciones oficiales	83
1.10.3 Tipos de centro de transformación	84
1.10.4 Situación y emplazamiento	84
1.10.5 Características generales del centro de transformación	84
1.10.6 Características de las celdas	85
1.10.7 Descripción de la instalación	85
1.10.7.1 Obra civil	85

1.10.8 Instalación eléctrica	87
1.10.8.1 Introducción	87
1.10.8.2 Características de la red de alimentación	88
1.10.8.3 Características de la aparamenta en media tensión	88
1.10.8.4 Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión	90
1.10.8.5 Cuadro auxiliar de baja tensión del Centro de Transformación	95
1.10.9 Instalación de Puesta a Tierra	95
1.10.10 Instancias	96
1.10.11 Aparatos de Media Tensión	96
1.10.12 Aislamiento	96
1.10.13 Instalaciones secundarias en el centro de transformación	96
1.11 RESUMEN DEL PRESUPUESTO	98

## **1.1 INTRODUCCIÓN:**

### **1.1.1 Objeto del Proyecto**

El objeto de este proyecto fin de carrera relativo a la instalación eléctrica en baja tensión y centro de transformación, será el de facilitar los datos y características técnicas para su realización.

A su vez, se pretende exponer ante los Organismos Competentes que la instalación que nos ocupa reúne las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la Autorización Administrativa y la de Ejecución de la instalación, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

La ubicación y el espacio disponible para cada uno de los elementos de que está compuesto el estudio y las medidas correctoras pertinentes se designaran en apartados sucesivos de la presente memoria.

El ámbito de aplicación del proyecto se centra en la totalidad de la instalación eléctrica de la nave industrial teniendo en consideración la correcta aplicación de las normas vigente en beneficio de la seguridad de las personas que trabajan en estas instalaciones.

En este proyecto nos encargaremos de realizar todos los cálculos necesarios para hacer la Instalación eléctrica y haremos un estudio lumínico para elegir y colocar las luminarias en cada una de las estancias.

Los diseños que se realizaran en este proyecto son los siguientes:

- Instalación de alumbrado general tanto interior como exterior y de emergencia.
- Instalación de fuerza y tomas de corriente.
- Centro de transformación propio de media a baja tensión.
- Protección eléctrica de las líneas que alimentan todas las instalaciones.
- Puestas a tierra del centro de transformación y de la instalación eléctrica de la nave.
- Corrección del factor de potencia de la instalación eléctrica mediante batería de condensadores.

### **1.1.2 Situación:**

La nave se sitúa en la Parcela sin número de la calle C del polígono industrial de Arazuri, Navarra.

### **1.1.3 Descripción de la parcela, superficie y edificio:**

La nave se sitúa en polígono industrial de Arazuri en el noroeste de Pamplona. En concreto en la calle C, parcela sin número tal y como se muestra en el plano de situación.

La parcela donde se construirá la Nave Industrial dispondrá de una superficie útil de 11263 m<sup>2</sup>, dividida en 1 nave de 6962 m<sup>2</sup>, el aparcamiento y los carriles de circulación interiores en la parcela.

A su vez la nave se divide en 3 partes bien diferenciadas: producción, almacén y oficinas.

- Nave (Producción, oficinas y almacén)

- Zona de trabajo: 2835,17  $m^2$
- Granceadora: 223,58  $m^2$
- Taller de Mantenimiento: 144,2  $m^2$
- Vestuario 1: 34,1  $m^2$
- Vestuario 2: 35,75  $m^2$
- Laboratorio, diseño y calidad: 49  $m^2$
- Dirección: 30,25  $m^2$
- Vestíbulo: 44  $m^2$
- Oficinas: 42,35  $m^2$
- Pasillo: 25  $m^2$
- Oficina encargado: 17,6  $m^2$
- Zona de Almacén: 3481  $m^2$

- Zona exterior:

- Centro de transformación prefabricado de 14,47  $m^2$ , PFU4 Ormazabal o similar de 14,47  $m^2$  de abonado, incluyendo celdas de línea, protección y medida así como transformador. Donde se procede a la transformación eléctrica de MT a BT.
- 54 plazas de aparcamiento en el interior de la parcela.

- Distribución de alturas:

- La altura de la nave es de 12 m en cumbrera y 10 m hasta las vigas delta
- La altura hasta las ménsulas para carril de puente grúa es de 6 m (aunque la nave proyectada no tiene puente grúa por no considerarse necesario, se indica la altura para posibles futuros cambios)
- La altura desde el suelo acabado hasta el falso techo en la zona de oficinas, dirección y vestuarios es de 2,5 m.

#### **1.1.4 Descripción de la actividad:**

La nave industrial se dedicará a la logística de piezas de plástico de las fábricas de alrededor, además tendré máquinas para el tratamiento y fabricación de piezas y material plástico, especialmente para el sector de la automoción. Constará de varias zonas de trabajo, unas oficinas y un almacén; llevándose a cabo en cada una de ellas una parte del proceso.

### 1.1.5 Suministro de Energía:

Iberdrola abastece de energía al polígono industrial en el que está ubicada la nave mediante red de Media Tensión. Ésta red, proporciona una tensión alterna trifásica de 13,2 KV a una frecuencia de 50 ciclos por segundo.

### 1.1.6 Promotor de la instalación y titular

La promotora de la instalación es la empresa Construcciones y Edificaciones ACR y el titular de la misma es PIEZAS DE PLÁSTICO SA.

## 1.2 PREVISIÓN DE CARGAS

FUERZA	POT. CONSUMIDA (W)
Extrusoras	60000
Picadoras	15000
Arrastres	10000
Sierras + Volteadoras	15000
Compresor	20000
Equipo frío	4000
Inyectoras	6000
Puesto soldadura	5000
Granceadora	30000
Tomas de corriente	30765
<b>Total Fuerza</b>	<b>195765 W</b>

ALUMBRADO	POT. CONSUMIDA (W)
Alumbrado interior	61998
Alumbrado exterior	6750
Alumbrado emergencia	438
Alumbrado C.T.	116
<b>Total Alumbrado</b>	<b>69302 W</b>

<b>POTENCIA TOTAL INSTALADA</b>	<b>265067 W</b>
-------------------------------------	-----------------

### 1.2.1 Distribución de los cuadros:

La instalación se compone de un cuadro general y seis cuadros secundarios.

- Cuadro general de mando y protección: situado en la parte izquierda de la nave, del cual se protegen las líneas a los cuadros secundarios.
- Cuadro secundario I: Situado en la parte izquierda del edificio dentro de la zona de producción. Contiene los elementos de protección de las líneas de alimentación a las

inyectoras, las tomas de corriente situadas en este sector y los puestos de Montaje y Soldadura. Todo ello con sus tomas de corriente.

- Cuadro secundario II. Situado en la parte superior de la zona de producción protege el taller de mantenimiento, las líneas que alimentan la graneadora, el compresor, el equipo de frío y las tomas de corriente de los mismos.
- Cuadro secundario III. Situado en la parte central superior de la nave. Con este cuadro se protege dos líneas de montaje con extrusoras, picadoras, volteadoras, sierras, arrastres y una toma de corriente.
- Cuadro secundario IV, cuadro de oficinas. Situado en el vestíbulo de la zona de oficinas, este cuadro protege a todas las tomas de corriente instaladas además de todas las luminarias de esta zona. (Oficinas, Laboratorio de calidad, vestíbulo, vestuarios, dirección, pasillo y oficinas del encargado).
- Cuadro secundario V (alumbrado producción). Situado junto a la puerta inferior de la nave de producción. De él se enciende todo el alumbrado de la zona de producción y trabajo y la iluminación exterior de la nave.
- Cuadro secundario VI (alumbrado almacén): Situado en la parte derecha de la nave, en el almacén. Protege el alumbrado de la mitad derecha de la nave (almacén) y las tomas de corriente que existan en esa mitad derecha.

### **1.3. NORMATIVA**

La realización del presente proyecto, así como la ejecución del mismo, se realizara de acuerdo a lo especificado en las normas y reglamentos vigentes en el momento:

- **REGLAMENTO ELECTROTECNICO PARA BAJA TENSION.**  
Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- **REGLAMENTO SOBRE CONDICIONES TECNICAS Y GARANTIAS DE SEGURIDAD EN CENTRALES ELECTRICAS, SUBESTACIONES Y CENTROS DE TRANSFORMACION.** Real Decreto 3275/82, de 12 de noviembre de 1982.
- **NORMAS UNE Y RECOMENDACIONES UNESA QUE SEAN DE APLICACION.**
- **NORMAS PARTICULARES DE IBERDROLA.**
- **NORMAS TECNOLOGICAS DE LA EDIFICACION, así como la NORMA TECNOLOGICA PARA INSTALACIONES ELECTRICAS DE PUESTA A TIERRA.**
- **REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.** Real Decreto 2267/2004 de 3 de diciembre.

- LEY 31/1995, de 8 de noviembre, DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

## **1.4 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN**

### **1.4.1 Introducción:**

Para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en caso de defecto (contactos indirectos) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones, será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado, y de las masas de la instalación receptora, por otro.

La denominación se realiza con un código de letras con el significado siguiente:

- Primera letra: se refiere a la situación de la alimentación con respecto a tierra:
  - **T** = conexión directa de un punto de la alimentación a tierra.
  - **I** = aislamiento de todas las partes activas de la alimentación con respecto a tierra o conexión de un punto a tierra a través de una impedancia.
- Segunda letra: se refiere a la situación de las masas de la instalación receptora con respecto a tierra:
  - **T** = masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la eventual puesta a tierra de la alimentación.
  - **N** = masas conectadas directamente al punto de la alimentación puesto a tierra (en corriente alterna, este punto es normalmente el punto neutro)

### **1.4.2 Tipos de Esquemas de Distribución:**

Existen tres tipos de esquemas de distribución:

1) Esquema TN: Los esquemas TN tienen un punto de la alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección.

En los esquemas TN cualquier intensidad de defecto franco fase-masa es una intensidad de cortocircuito.

2) Esquema TT: El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación

receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

En este esquema las intensidades de defecto fase-masa o fase-tierra pueden tener valores inferiores a los de cortocircuito, pero pueden ser suficientes para provocar la aparición de tensiones peligrosas.

3) Esquema IT: El esquema IT no tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra, sino que se conectan a través de una impedancia. Las masas de la instalación receptora están puestas directamente a tierra.

En estos tipos de esquema, la intensidad resultante de un primer defecto fase masa o fase-tierra, tiene un valor lo suficientemente reducido como para no provocar la aparición de tensiones de contacto peligrosas.

#### **1.4.3 Solución adoptada para el esquema de distribución:**

El sistema elegido es el TT (el neutro está conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación, tal y como se indica en la ITC 08 del REBT 2002).

Con este tipo de régimen debemos colocar diferenciales para proteger la instalación ante cualquier corriente de defecto a tierra.

La solución más segura sería elegir el esquema IT, pero debido a los problemas que presenta a la hora de realizar un cambio o ampliación a la instalación nos hace desechar esta opción.

Por otro lado, el esquema TN se desecha, ya que, es muy parecido al TT y éste último es el más utilizado en este tipo de instalaciones. Las ventajas que este esquema tiene en lo que respecta a su mantenimiento, ampliaciones futuras y seguridad contra incendios aconsejan su empleo en este tipo de instalaciones. También la ventaja del régimen TT es que la seguridad de la instalación está en función de la resistencia de utilización, la del usuario ( $R_u$ ), es decir, la podemos vigilar y controlar, la seguridad está en nuestras manos, bajo nuestra responsabilidad.

### **1.5 ILUMINACIÓN:**

#### **1.5.1 Introducción:**

El objeto de todo alumbrado artificial, es complementar la luz natural o en su defecto reemplazarla, para que se pueda continuar con la actividad a realizar, durante las horas donde la luz diurna es insuficiente o inexistente.

Una buena iluminación hace que la realización de las tareas visuales se hagan con una máxima de velocidad, exactitud, facilidad y comodidad y con un mínimo de esfuerzo y de fatiga.



Se trata de dotar de la iluminación adecuada a espacios cubiertos donde se desarrollen actividades laborales, docentes, deportivas y recreativas.

En el caso del alumbrado industrial, la iluminación es un factor de productividad y rendimiento, además de aumentar la seguridad laboral. Por ello se busca siempre el mayor número de lúmenes por vatio y el máximo rendimiento de color podremos encontrar fuentes de luz apropiadas para cualquier situación que se nos plantee.

Las cualidades principales del alumbrado que deben considerarse al proyectar una instalación son:

- La intensidad de iluminación: suministrar una cantidad de luz suficiente para crear unas buenas condiciones de visibilidad.
- La distribución espacial de la luz, que comprende la combinación de la luz difusa y luz dirigida, el ángulo de incidencia, la distribución de las luminarias, la medida de la homogeneidad y el grado de deslumbramiento.
- Utilización de fuentes luminosas que aseguren, para cada caso una satisfactoria distribución de los colores.
- Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular: una buena elección de la fuente de luz y de su armadura.

### **1.5.2 Alumbrado Interior**

El objeto de todo alumbrado artificial, es complementar la luz natural o en su defecto reemplazarla, para que se pueda continuar con la actividad a realizar, durante las horas donde la luz diurna es insuficiente o inexistente.

Una buena iluminación hace que la realización de las tareas visuales se hagan con una máxima de velocidad, exactitud, facilidad y comodidad y con un mínimo de esfuerzo y de fatiga.

Se trata de dotar de la iluminación adecuada a espacios cubiertos donde se desarrollen actividades laborales, docentes, deportivas y recreativas.

En el caso del alumbrado industrial, la iluminación es un factor de productividad y rendimiento, además de aumentar la seguridad laboral. Por ello se busca siempre el mayor número de lúmenes por vatio y el máximo rendimiento de color podremos encontrar fuentes de luz apropiadas para cualquier situación que se nos plantee.

Las cualidades principales del alumbrado que deben considerarse al proyectar una instalación son:

- La intensidad de iluminación: suministrar una cantidad de luz suficiente para crear unas buenas condiciones de visibilidad.

- La distribución espacial de la luz, que comprende la combinación de la luz difusa y luz dirigida, el ángulo de incidencia, la distribución de las luminarias, la medida de la homogeneidad y el grado de deslumbramiento.
- Utilización de fuentes luminosas que aseguren, para cada caso una satisfactoria distribución de los colores.
- Prever aparatos de alumbrado apropiados para cada caso particular: una buena elección de la fuente de luz y de su armadura

Cumpliendo todas estas condiciones se obtiene:

	<b>LUMINARIA (Catálogo Philips)</b>	<b>Nº</b>	<b>Potencia Total (W)</b>
Zona Producción - Almacén	Philips HPK150 1xHP2-400w P-NB + GPK150R + ZPK150G6 (426w)	62+63	53250
Vestuario 1	Philips TBS324 2xTL-D36w HFP C5 GT (72w)	9	648
Vestuario 2	Philips TBS324 2xTL-D36w HFP C5 GT (72w)	9	648
Vestíbulo	Philips TBS324 2xTL-D36w HFP C5 GT (72w)	12	864
Pasillo	Philips TBS324 2xTL-D36w HFP C5 GT (72w)	5	360
Oficinas	Philips TBS318 H1L 2xTL5 - 49w HFP C6 (108w)	20	2160
Dirección	Philips TBS318 H1L 2xTL5 - 49w HFP C6 (108w)	15	1620
Laboratorio de diseño y calidad	Philips TBS318 H1L 2xTL5 - 49w HFP C6 (108w)	18	1944
Oficina encargado	Philips TBS318 H1L 2xTL5 - 49w HFP C6 (108w)	4	432
Centro de Transformación	TMS022 1xTL-D58W HFS+GMS022 R (55w)	2	110

Para la obtención de la tabla se ha utilizado el programa informático de cálculo Dialux. A continuación se expone el procedimiento de cálculo.

Para comenzar introducimos en el programa los siguientes datos:

- Nivel de luxes recomendados (extraídos de tablas de libros especializados) para la actividad a desarrollar.
- Dimensiones de la zona a iluminar.
- Tipo de luminaria y lámpara con sus características (lúmenes, distribución de la iluminación...). Utilizamos el catálogo de PHILIPS.

Con estos datos el programa realiza los cálculos y propone una solución, en la cual expone el número de luxes que hay en toda la superficie de la zona a estudio a la altura del plano útil, el número de luminarias a colocar, el lugar de colocación de éstas en el plano...El programa permite hacer ajustes sobre estas cuestiones.

En este caso se han elegido las luminarias y el número de éstas que aparecen en la tabla anterior y su colocación aparece detallada en los planos de iluminación.

Para la zona de producción, almacén, granceadoras, y equipo en frío se ha elegido luz directa (lámparas de descarga) porque prácticamente el 100% del flujo luminoso va

hacia abajo y es lo más adecuado ya que las luminarias están colocadas a varios metros de altura sobre el plano útil.

Para las demás zonas (oficinas, vestuarios, dirección...) se han elegido fluorescentes ya que es lo recomendado para realizar actividades en oficinas y vestuarios.

### 1.5.3 Alumbrado Exterior

Para la iluminación exterior no se ha usado el programa, se han elegido unas luminarias indicadas para exterior y se colocarán a lo largo todo el perímetro exterior de la nave para proporcionar visibilidad suficiente durante la noche. No se han colocado a lo largo de todo el perímetro ya que una de las paredes está en contacto con otra nave y ahí no es posible colocar lámparas. Se instalarán a 4 metros de altura sobre el suelo y a una distancia de 7,866 metros entre ellas.

Se ha elegido la luminaria SGS253 CDM-TT150W K 230V II OR GB GR ST.

	Nº de Luminarias	Potencia Total (W)
EXTERIOR	45	6750

### 1.5.4 Alumbrados Especiales: Alumbrado de Emergencia y Señalización.

Según la ITC-BT 28, los alumbrados especiales tienen por objeto corregir los riesgos que pueden derivarse de un fallo imprevisto de los alumbrados normales, restableciendo inmediatamente un nivel de iluminación adecuado, ya sea en centros de trabajo o en establecimientos con público.

Las líneas que alimentan directamente a los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales, estarán protegidas por interruptores automáticos, con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en la misma dependencia existiesen varios puntos de luz de alumbrado especial, estos deben ser repartidos al menos entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

Se distinguen 2 tipos de alumbrado especial: de emergencia y de señalización.

#### 1) Alumbrado de señalización:

El alumbrado de señalización se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales durante todo el periodo que permanezca con personas. Deberá estar alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementario o procedente de fuente propia de energía eléctrica admitida.

Deberá proporcionar una iluminación mínima de un lux en el eje de los pasos principales. Si el suministro habitual del alumbrado de señalización falla, o su tensión baja a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del mismo debe pasar automáticamente al segundo suministro.

Si los locales, dependencias o indicaciones que deben iluminarse con este alumbrado coinciden con los que precisan el de emergencia, los puntos de luz de ambos pueden ser los mismos.

## 2) Alumbrado de emergencia:

El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil de las personas hacia el exterior. Solamente puede ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuentes de suministro exterior. Si esta fuente propia está constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se puede utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

Debe poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de un lux. Además, en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminación de emergencia será como mínimo de 5 lux. Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de éstos baje a menos del 70% de su valor nominal.

Se situará en las salidas de los locales y de las dependencias indicadas en cada caso y en las señales indicadoras de la dirección de los mismos. Cuando existe un cuadro principal de distribución, tanto el local donde esté situado como sus accesos se dotarán de este tipo de iluminación.

Contarán con una instalación de alumbrado de emergencia las zonas siguientes:

- Todos los recintos cuya ocupación sea mayor que 100 personas.
- Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial o uso hospitalario, y los de zonas destinadas a cualquier uso que estén previstos para la evacuación de más de 100 personas.
- Todas las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos previos y las escaleras de incendios.
- Los aparcamientos de más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Para calcular el nivel de iluminación se considera nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos. Hay que considerar un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso por suciedad y envejecimiento de las lámparas.

Como regla practica para distribución de las luminarias de emergencia, se determina que:

- La iluminancia mínima será de 5 lux.
- El flujo luminoso mínimo será de 30 lúmenes.
- La separación mínima será de  $h$ ; siendo  $h$  la altura de ubicación comprendida entre 2 y 2.5 metros.

Criterio de ubicación de las luminarias de emergencia:

- En todas las puertas de las salidas de emergencia.
- Cerca de las escaleras para que todos los escalones queden iluminados.
- Cerca de los cambios de nivel del suelo.
- Para iluminar todas las salidas obligatorias y señales de seguridad.
- Cerca de todos los cambios de dirección.
- Cerca de todas las intersecciones en los pasillos.
- Cerca de los equipos de extinción de fuego así como de puntos de alarma.
- En el exterior de los edificios junto a las salidas.
- Cerca de los puestos de socorro.
- En ascensores y montacargas.
- En todos los aseos y servicios.
- Salas de generadores de motores y salas de control.

El alumbrado de emergencia se puede clasificar en función de la fuente de alimentación de las luminarias, de la siguiente manera:

- *Luminarias autónomas*: Se caracterizan porque el suministro de energía eléctrica se efectúa en la propia luminaria o a un metro de distancia de la misma como máximo.

- *Luminarias centralizadas*: Se caracterizan porque la fuente de suministro de energía eléctrica se emplaza a más de un metro de distancia de las luminarias.

También se pueden clasificar en función del tipo de luminaria utilizada, como:

- *Luminarias permanentes*: Son luminarias alimentadas con energía eléctrica permanentemente. De manera que se efectúa al unísono un doble alumbramiento, normal y de emergencia.

- *Luminarias no permanentes*: son luminarias que solo se activan cuando falla la alimentación del alumbrado normal, es decir, cuando se interrumpe o disminuye por debajo del 70% de su valor nominal.

- *Luminarias combinadas*: son luminarias que disponen de dos o más lámparas que permiten alimentar parte de ellas con energía eléctrica para el alumbrado de emergencia y la otra parte conectadas al suministro del alumbrado normal, de manera que parte de las lámparas permanecen encendidas en todo momento mientras hay suministro de energía eléctrica al alumbrado normal, y la otra parte solo se encienden cuando falla dicho suministro eléctrico del alumbrado normal.

Justificación de los tipos de lámparas y luminarias empleadas:

En el mercado actual existen aparatos que proporcionan en un mismo soporte, los alumbrados de emergencia y señalización. Como esta solución está permitida, es la que se utilizará en este proyecto.

En concreto, se utilizarán luminarias de la marca LEGRAND. Estas luminarias disponen de varias referencias las cuales varían en cuanto a lúmenes proporcionados, autonomía, potencia de las lámparas, índices de protección y tipo de acumuladores de carga.

Las características principales de estas lámparas se pueden consultar en el catálogo del fabricante. Las lámparas se colocarán a diferentes alturas dependiendo del local donde se vayan a instalar.

Así, en el área de oficinas, vestuarios y recibidor, se colocarán justo encima de los marcos de las puertas o similar, a una altura de 2,30 metros. En los locales con grandes alturas como es el caso de la zona de producción, los almacenes y el taller de mantenimiento, se colocarán a una altura superior, a 3,5 metros del suelo, ya que tienen que iluminar un área mayor. A continuación se detalla el número de luminarias de emergencia, así como la marca y el modelo escogido:

	<b>Superficie</b>	<b>Iluminación</b>	<b>Flujo Necesario</b>	<b>Luminaria</b>	<b>Nº Luminarias</b>	<b>Potencia Total</b>
Zona Producción - Trabajo	2835,17	5 lum/m2	14175,85	LEGRAND B65 61585 6w - 635 lm	22	132
Zona Almacén	3481	5 lum/m2	17405	LEGRAND B65 61585 6w - 635 lm	28	168
Granceadora	223,58	5 lum/m2	1117,9	LEGRAND B65 61563 6w - 315 lm	4	24
Taller Mantenimiento	144,2	5 lum/m2	721	LEGRAND B65 61563 6w - 315 lm	3	18
Compresor y Equipo en Frío	72	5 lum/m2	360	LEGRAND B65 61563 6w - 315 lm	2	12
Oficina Encargado	17,6	5 lum/m2	88	LEGRAND B65 61512 6w - 160 lm	1	6
Vestíbulo	44	5 lum/m2	220	LEGRAND B65 61512 6w - 160 lm	2	12
Oficinas	42,35	5 lum/m2	211,75	LEGRAND B65 61512 6w - 160 lm	2	12
Dirección	30,25	5 lum/m2	151,25	LEGRAND B65 61512 6w - 160 lm	1	6
Lab de Diseño y Calidad	49	5 lum/m2	245	LEGRAND B65 61512 6w - 160 lm	2	12
Vestuario 1	34,1	5 lum/m2	170,5	LEGRAND B65 61510 6w - 100 lm	2	12
Vestuario 2	35,75	5 lum/m2	178,75	LEGRAND B65 61510 6w - 100 lm	2	12
Pasillo	25	5 lum/m2	125	LEGRAND B65 61510 6w - 100 lm	2	12

Centro de Transformación	14,47	5 lum/m <sup>2</sup>	72,35	LEGRAND B65 61510 6w - 100 lm	1	6
--------------------------	-------	----------------------	-------	----------------------------------	---	---

La tabla se ha obtenido mediante los cálculos realizados en el apartado pertinente del documento nº 2: “Cálculos”.

### 1.5.5 Accionamientos de las luminarias:

Mediante el accionamiento de los pulsadores instalados en los cuadros de alumbrado situado junto a la puerta de acceso a la nave, se activan las luminarias de la nave.

Para los demás espacios, el accionamiento se produce mediante interruptores convencionales.

En el plano de alumbrado interior se especifica la situación de cada uno.

## 1.6 DISTRIBUCIÓN INTERIOR DE LA INSTALACIÓN:

### 1.6.1 Introducción:

El cálculo de las secciones de los conductores tiene por objeto determinar las dimensiones de los cables que transportan la corriente, teniendo en cuenta factores como los esfuerzos térmicos y las caídas de tensión.

Se llaman líneas interiores a las instalaciones llevadas a cabo en el interior de los edificios. Comprenden en nuestro caso desde el punto de conexión con el transformador hasta los aparatos receptores.

Vamos a realizar la conducción eléctrica del centro de transformación a los distintos receptores de la instalación, que como es de baja tensión, han de emplearse tensiones normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Emplearemos por lo tanto corriente alterna trifásica 400 / 230 V.

Los conductores de corriente eléctrica deben calcularse de modo que tengan la resistencia mecánica suficiente para las conducciones de la línea y además no sufran calentamientos excesivos, así como una caída de tensión en el propio conductor dentro de los límites establecidos en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

### 1.6.2 Factores para el cálculo de conductores:

Para el cálculo de las líneas de distribución, se tendrán en cuenta los siguientes factores:

#### 1.6.2.1 Calentamiento

Si por un conductor cuya resistencia es  $R$ , circula una intensidad  $I$ , se eleva su temperatura. Se puede demostrar que el aumento de temperatura es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad, por lo que, si la intensidad es elevada, la

temperatura del conductor es elevada, con el peligro de deterioro de los aislantes por no estar diseñados para soportar esas temperaturas (con el riesgo de provocar cortocircuitos).

Para cada sección de los conductores, existe un límite de carga en amperios que no debe sobrepasarse, que se corresponde con la temperatura máxima admisible que puede soportar esa sección del conductor sin que se produzcan los efectos antes señalados.

Las intensidades de las corrientes eléctricas admisibles en los conductores se regularán en función de las condiciones técnicas de las redes de distribución y de los sistemas de protección empleados en los mismos.

Los cálculos y condiciones a las que deben ajustarse los proyectos y la ejecución de estas redes están fijados en las instrucciones complementarias correspondientes al RBT.

En estas tablas se dan las intensidades máximas admisibles según unas determinadas condiciones (condiciones normales), para cada sección de cable.

Complementado a esas tablas existen otras, que dan unos factores de corrección a esa intensidad admisible, que dependen de la temperatura ambiente, del tipo de canalización y número de conductores que se alojan en la misma. Por tanto, cuando las condiciones reales de la instalación sean distintas de las condiciones tipo, la intensidad admisible se deberá corregir aplicando los factores de corrección que vienen recogidos en las ITCBT-06 e ITC-BT-07.

#### 1.6.2.2 Caída de Tensión y Pérdida de Potencia.

Una vez calculada la sección de acuerdo con la intensidad que ha de circular. Hay que calcularla también con el criterio de caída de tensión, para asegurarnos de que la caída de tensión producida en el conductor es menor del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para fuerza. Teniendo en cuenta la ramificación que lleva a cabo la línea. Se utilizarán las siguientes fórmulas, dependiendo del tipo de red que tengamos:

- Monofásica: 
$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

- Trifásica: 
$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

Donde:

*U*: caída de tensión en voltios.

*L*: longitud de la línea en metros.

*I<sub>n</sub>*: intensidad nominal de la línea en amperios.

*Cos φ*: factor de potencia.

*C*: conductividad del material del conductor.

*S*: sección del cable en mm<sup>2</sup>.



Una vez obtenida la sección por ambos métodos (criterio térmico y criterio de caída de tensión), se elegirá la mayor sección de las dos. Teniendo en cuenta que alguna de estas secciones pueden verse modificadas al calcularse en el correspondiente capítulo el  $t_{mcc}$ .

### 1.6.3 Prescripciones generales:

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos.

- Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo.
- El conductor neutro se identificará por el color azul claro.
- Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro. Cuando se considere necesario identificar las tres fases diferentes, se utilizará también el color gris.

#### 1.6.3.1 Naturaleza de los conductores:

Los conductores y cables que se empleen en las instalaciones serán de cobre o aluminio y serán siempre aislados excepto cuando vayan montados sobre aisladores, tal como se indica en la ITC-20.

#### 1.6.3.2 Conductores de protección:

Si los conductores de protección están constituidos del mismo metal que los conductores de fase, tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase de la instalación como se establece a continuación.

Secciones de los conductores de fase ( $\text{mm}^2$ )	Secciones mínimas de los conductores de protección ( $\text{mm}^2$ )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con un mínimo de <math>2,5 \text{ mm}^2</math> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.</li> <li>- Con un mínimo de <math>4 \text{ mm}^2</math> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.</li> </ul>	

Cuando la sección de los conductores de fase o polares sea superior a  $35 \text{ mm}^2$ , se puede admitir para los conductores de protección, unas secciones menores que las que resulten de la aplicación de las tablas pero por lo menos iguales a  $16 \text{ mm}^2$ .

Los conductores de protección irán bajo los mismos tubos que los conductores de fase y las conexiones se realizarán por medio de empalmes, por piezas de conexión de apriete por rosca.

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de al menos 3 cm.

Las canalizaciones eléctricas se dispondrán de manera que en cualquier momento se pueda controlar su aislamiento, localizar y separar las partes averiadas y, llegando el caso, reemplazar fácilmente los conductores deteriorados.

#### **1.6.4 Sistemas de canalizaciones**

##### **1.6.4.1 Canalizaciones**

Hay muchos sistemas de instalación de los conductores para una canalización fija. Algunas de estas variantes son: conductores desnudos colocados sobre aisladores, conductores aislados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados directamente sobre las paredes, etc.

La solución más empleada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas o a través de tubos.

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techo, se realizará de acuerdo con prescripciones tales como: las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos, en toda la longitud de los pasos no habrá empalmes o derivaciones, se utilizarán tubos no obturados etc.

##### **1.6.4.2 Tubos Protectores**

Hay muchas clases de tubos, dependiendo de las necesidades que se tengan. Algunas de estas son: tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvos, tubos aislantes flexibles normales, tubo PVC rígido, etc.

Los tubos deberían poder soportar, como mínimo, sin deformación alguna, las siguientes temperaturas:

- 60 °C para los tubos aislantes constituidos por PVC.
- 70 °C para los tubos metálicos aislantes.

Tanto el diámetro de los tubos como el número de conductores que deben pasar por cada uno están largamente especificados en las tablas de la ITC-BT-21.

Para la ejecución de las canalizaciones ***bajo tubos protectores***, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3. Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados éstos.
- Los registros podrán estar destinadas únicamente a facilitar la introducción y retirada de los conductores en los tubos o servir al mismo tiempo como cajas de empalme o derivación.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener.
- En ningún caso se permitirá la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión; puede permitirse asimismo, la utilización de bridas de conexión.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación.
- Los tubos metálicos que sean accesibles deben ponerse a tierra. Su continuidad eléctrica deberá quedar convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en ***montaje superficial*** se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas. La distancia entre éstas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.
- Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros.

Cuando los tubos se coloquen **empotrados**, se tendrán en cuenta, las recomendaciones de la tabla 8 y las siguientes prescripciones:

- En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo.
- No se instalarán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados.
- Las tapas de los registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra.

Además de lo expuesto anteriormente **para el cálculo del conductor**, se harán las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

- El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera. Normalmente el aislamiento del cable se determina con los picos de tensión que este tiene que soportar en cualquier momento.
- La sección del cable a colocar en el alumbrado normalmente la determina la caída de tensión (si la longitud no es pequeña). La sección de los conductores de fuerza la determina la corriente a transportar y el calentamiento que esta puede producir, de tal forma que nunca se superen temperaturas determinadas por encima de las cuales el cable se deteriora.
- El cable elegido, teniendo en cuanto todo lo anteriormente expuesto, será capaz de soportar los cortocircuitos que puedan producirse, mejor que cualquier otra

parte de la instalación. Se preverá que la temperatura y los esfuerzos electrodinámicos producidos por el cortocircuito, no deterioren en ningún momento el cable.

Para el cálculo del diámetro y distribución de los tubos protectores utilizados para distribuir las líneas a lo largo de la nave, tendremos en cuenta todo lo expuesto anteriormente, así como, todo lo expuesto en la ITC-BT-21.

### **1.6.5 Receptores (ITC-BT-43)**

#### **1.6.5.1 Introducción:**

Los aparatos receptores satisfarán los requisitos concernientes a una correcta instalación, utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor móvil. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar si funcionan y controlar esa conexión.

#### **1.6.5.2 Receptores a Motores (ITC-BT-47)**

Según indica el RBT, en un ITC-BT-47, las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo serán las siguientes:

- Un solo motor: Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la intensidad a plena carga del motor en cuestión.
- Varios motores: Los conductores de conexión que alimentan a varios motores deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma de 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.

#### **1.6.5.3 Receptores para Alumbrado (ITC-BT-44)**

Según la ITC-BT-44, las lámparas de descarga deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los circuitos de alimentación de lámparas o tubos de descarga estarán provistos para transportar la carga debida a los propios receptores y a sus elementos asociados. La carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia

en vatios de los receptores. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

- Será obligatoria la compensación del factor de potencia hasta un valor mínimo de 0,90.

### **1.6.6 Tomas de Corriente:**

#### **1.6.6.1 Introducción:**

Las bases de toma de corriente utilizadas en las instalaciones interiores o receptoras serán de acuerdo a la norma UNE 20315. Sin embargo, las bases de toma de corriente para uso industrial seguirán lo acordado en la Norma UNA 60309.

El cálculo de la potencia a instalar en las tomas de corriente se encuentra en el documento Cálculos del presente proyecto.

#### **1.6.6.2 Tipos de tomas de corriente:**

Las tomas de corriente que se van a colocar en este proyecto serán tanto monofásicas como trifásicas, definiéndolas de la siguiente manera:

- Tomas de corriente monofásicas de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Tomas de corriente monofásica para los ordenadores (SAI).
- Tomas de corriente trifásicas de 16 A a 400 V. (4P+T).

#### **1.6.6.3 Situación y número de tomas de corriente:**

Las tomas irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales y a una altura de 20 cm en todas las zonas de la Nave Industrial exceptuando el caso de la zona de producción, que las tomas de corriente irán a una altura de 1,6 metros, agrupadas en una caja especial para su fijación, cumpliendo así lo establecido en la ITC-BT-27.

- Vestuario mujeres (vestuario 1):
  - 2 toma de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Vestuario hombres (vestuario 2):
  - 2 toma de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
- Oficinas:
  - 2 toma de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
  - 1 toma SAI para ordenadores.
- Dirección:
  - 2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230v (2P+T)
  - 1 toma SAI para ordenadores.
- Laboratorio de Diseño y Calidad
  - 2 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230v (2P+T)

- 1 toma SAI para ordenadores.
- Oficinas encargado:
  - 2 toma de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
  - 1 toma SAI para ordenadores.
- Mantenimiento:
  - 2 toma de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
  - 1 toma de corriente trifásica de 16 A a 230 V. (4P+T).
- Zona de producción:
  - 1 toma de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (2P+T).
  - 6 toma de corriente trifásica de 16 A a 230 V. (4P+T).
- Almacén:
  - 3 tomas de corriente monofásica de 16 A a 230 V. (4P+T).
  - 1 toma de corriente trifásica de 16 A a 230 V. (4P+T).

### 1.6.7 Interruptores y contactores:

Los interruptores escogidos en el presente proyecto y los cuales se utilizan para el encendido y apagado del alumbrado de la “zona de oficinas”, son de la marca BJC. La situación de estos viene detallada en el plano correspondiente:

TIPO DE INTERRUPTOR	CANTIDAD
Interruptores	6
Conmutadores	4
Conmutadores de Cruce	1

El encendido y apagado de las lámparas de la zona de producción, se realizará desde el cuadro secundario de alumbrado, situado en la puerta de acceso a la nave y el alumbrado exterior se controlará desde el cuadro V (alumbrado producción) colocado en un acceso a la nave, todos ellos mediante contactores con sus respectivos pulsadores de marcha y parada. El encendido y apagado del alumbrado exterior también se realizará en este cuadro.

El encendido y apagado de las lámparas de la zona de almacén, se realizará desde el cuadro secundario alumbrado 2 (cuadro VI).

### 1.6.8 Cálculos de las intensidades de línea:

Los cálculos son básicamente iguales para todas las líneas, por lo tanto se indica el proceso a seguir y después se especifican los cables seleccionados. Los pasos a seguir son los siguientes:

Se precisan los siguientes datos de partida:

- Previsión de potencia de los receptores.
- Tipo de receptor (monofásico o trifásico).
- Factor de potencia de los receptores.
- Longitud de las líneas.
- Tensión de las líneas.

1º) Se calcula la Intensidad de cada Receptor:

- Receptor Monofásico: 
$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi}$$

- Receptor Trifásico: 
$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

*Donde:*

*I = Intensidad en Amperios*

*P = Previsión de Potencia del receptor en Watios.*

*V = Tensión de la línea que le suministra en Voltios. En este caso 230/400V.*

*Cos  $\varphi$  = Factor de potencia del receptor.*

Cuando los receptores sean motores la potencia se multiplicará por 1.25. En el caso de que una única línea alimente a varios motores, la línea se dimensionará para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

En los conductores que suministran corriente a lámparas de descarga, se calculará para una carga total de 1,8 veces la potencia nominal.

Otro elemento a tener en cuenta será el factor de corrección, que depende de la temperatura ambiente, tipo de canalización y número de conductores que se alojan en la misma. Por tanto, cuando las condiciones reales de la instalación sean distintas a las condiciones tipo, la intensidad admisible se deberá corregir aplicando los factores de corrección recogidos en la ITC-BT-06 e ITC-BT-07.

Por tanto, para calcular la intensidad definitiva, ésta se multiplicará por 1,25 o por 1,8 dependiendo si los receptores son motores o lámparas de descarga, y además, se dividirá por el factor de corrección correspondiente.

### 1.6.9 Cálculo de los conductores de BT:

1º) Una vez conocida la Intensidad de cada receptor se hace una elección.

Hay que seleccionar la línea que va a alimentar a cada receptor, de modo que la potencia suministrada por cada uno quede más o menos repartida por igual en todas las líneas, los receptores alimentados por la misma línea estén cercanos y el tipo de receptores a los que va a alimentar. Ya que no es conveniente alimentar por ejemplo la



iluminación de la zona de oficinas con la misma línea que alimenta algún tipo de maquinaria, ya que esto puede provocar picos de corriente que harían altibajos en la intensidad de dicha iluminación. La configuración final de las líneas aparece en los planos.

2º) A continuación, se elige el tipo de conductor que vamos a utilizar y por donde lo vamos a llevar, es decir, los siguientes condicionantes:

- Material del conductor (Aluminio o Cobre).
- Tipo de instalación (bajo tubo, al aire, canaleta, bandeja, empotrados...).
- Material aislante (PVC, XLPE).
- Tipo de cable (unipolar, multiconductor).

3º) Tras haber tomado la decisión de los puntos 1 y 2, ya se pueden calcular las secciones de los conductores aplicando los siguientes criterios, ya mencionados en este mismo apartado de la memoria.

- Criterio Térmico:

Se basa en el calentamiento del conductor. Consiste en limitar la densidad de corriente de tal manera que el conductor, no adquiera una temperatura excesiva y acabe quemándose. Es decir, lo que nos limita es la corriente máxima que circula por el conductor. Nos dará la  $I_{max}$  admisible del conductor.

Dependiendo de qué opciones se hayan escogido en el punto 2, se hallará la sección necesaria a partir de las tablas que da el RBT en su ITC-BT-06 si la línea es aérea, ITCBT- 07 si es subterránea o en la ITC-BT-19 si es una instalación interior.

En el caso de este proyecto: Todas las líneas escogidas tienen en común que son cables unipolares de cobre con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE). En el apartado de cálculo viene detallada la canalización de cada línea.

- Criterio de Caída de Tensión:

Se basa en la caída de tensión que se produce desde el punto de suministro de la línea hasta el último punto de carga. Para ellos tendremos que tener en cuenta la caída de tensión máxima permitida por el RBT.

Teniendo en cuenta las condiciones que viene recogidas en el RBT según la ITC-BT-19, las máximas caídas de tensión admisibles serán del 4,5% para alumbrado y del 6,5% para los demás usos. Considerando para el cálculo el tipo de distribución que se encuentra.

Por tanto habrá que ver que sección es la adecuada para que la caída de tensión en las líneas no supere esos valores. Según sea la línea trifásica o monofásica tendremos distintas expresiones para calcular las secciones en función de las caídas de tensión, tal y como se ha explicado anteriormente.

$$1. \text{ Monofásica} \quad S = \frac{2 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

$$2. \text{ Trifásica} \quad S = \frac{3 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

Donde:

*U*: Caída de tensión en voltios.

*L*: Longitud de la línea en metros.

*I<sub>n</sub>*: Intensidad nominal de la línea en amperios.

*cos φ*: Factor de potencia.

*C*: Conductividad del material conductor (Cobre)

*S*: Sección del cable mm<sup>2</sup>.

4º) Una vez calculada la sección de la línea por ambos métodos, se escogerá como resultado la mayor sección (entre Criterio Térmico y cdt), teniendo en cuenta también el posible aumento de la sección debido al cálculo del *t<sub>micc</sub>* en las protecciones.

5º) Para terminar obtenemos la sección del neutro y del cable de protección siguiendo las tablas de la ITC-BT-07 u otras ITC's correspondientes. El tipo de instalación y los conductores se detallan, así como la tabla completa de cómo quedan los cables, en el documento cálculos.

### 1.6.10 Soluciones Adoptadas

#### 1.6.10.1 Conductores:

##### - RZ1-K 0.6/1 KV PRYSMIAN, (para la acometida).

Conductor: cobre recocido flexible clase 5

Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE)

Cubierta: Mezcla especial cero halógenos, tipo AFUMEX Z1.

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°C

Cortocircuito: 250°

##### - RV-K 0.6/1 KV PRYSMIAN, (interior de la Nave Industrial).

Conductor: cobre recocido flexible clase 5.

Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE).

Cubierta: PVC

Tª de servicio:

Servicio permanente: 90°C

Cortocircuito: 250°C

Tendrán sección suficiente para las caídas de tensión determinadas por el RBT y las intensidades admisibles por los conductores en todos los casos, siempre serán superiores a las máximas previsibles para el circuito de la instalación.

Las secciones adoptadas, se justifican en el documento Cálculos del presente proyecto, tanto por lo que se refiere a intensidades admisibles como a caídas de tensión.

#### **1.6.10.2 Canalizaciones:**

La canalización por donde se llevarán los conductores se dividirá en las siguientes partes desarrolladas a continuación:

- Acometida:

La acometida partirá desde el centro de transformación (cuadro de baja tensión) hasta el cuadro general de distribución en el interior de la nave, situado a 50 metros. Irá enterrado a 0.7 m de profundidad. Se realizará una zanja de 40x70cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada. Se llevarán tres fases y neutro, constituida cada una de las fases por tres conductores unipolares de  $150 \text{ mm}^2$  y el neutro por tres cables unipolares de  $70 \text{ mm}^2$ . Los cables de cada fase irán dispuestos en trébol y separada cada terna de cables 2 veces el diámetro del conductor unipolar como mínimo.

El diámetro del tubo de la acometida será de 180 mm, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R, de resistencia de aplastamiento 450 N.

- Canalización general:

La canalización general de la nave se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado de 400 mm de ancho y 60 mm de alto. Se llevará canalizado desde el CGD a los diferentes cuadros auxiliares de la empresa, rodeando las distintas zonas de la nave, a una altura de 4m.

- Derivaciones:

En la zona de producción, la derivación de esta canalización a las diferentes máquinas se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado de 150 mm de ancho y 60 mm de alto. Colocada a una altura de 2,5 metros. Tanto el alumbrado como las tomas de corriente de la zona de producción irán en tubo grapado a la pared y el alumbrado exterior irá empotrado en pared.

La canalización de la zona de oficinas se realizará a través de tubos de PVC que irá a través de falso techo, por catas y/o empotrado en la pared.

Además se realizará la instalación de todo el alumbrado de emergencia y señalización por medio de tubo grapado en la pared.

Descripción	Longitud (metros)
Tubo de Termoplástico de PVC diametro 16 mm	939,93
Tubo de Termoplástico de PVC diametro 20 mm	1490,19
Tubo de Termoplástico de PVC diametro 25 mm	1462,52
Tubo de Termoplástico de PVC diametro 32 mm	26,80
Tubo de Termoplástico de PVC diametro 40 mm	30,00
Tubo de Termoplástico de PVC diametro 50 mm	148,92
Tubo de Termoplástico de PVC diametro 63 mm	0,00
Tubo de Termoplástico de PVC diametro 75 mm	238,23
Tubo de acero flexible galvanizado diametro 50mm	709,58
Tubo de acero flexible galvanizado diametro 60mm	1552
M.I.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente 400x60	284

## **1.7 PROTECCIONES EN BAJA Tensión:**

### **1.7.1 Introducción:**

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones que la hagan segura, tanto desde el punto de vista de los conductores y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar con ella.

Existen muchos tipos de protecciones que pueden hacer a una instalación eléctrica completamente segura ante cualquier contingencia. En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las ITC-BT-22, ITC-BT-23 e ITC-BT-24, debemos considerar las siguientes protecciones:

- Protección de la instalación:
  - Contra sobrecargas.
  - Contra cortocircuitos.
- Protección de las personas:
  - Contra contactos directos.
  - Contra contactos indirectos.

### **1.7.2 Conceptos Básicos:**

Para la realización de la protección de la nave se han de tener en cuenta una serie de conceptos básicos:

- ***Interruptor diferencial:*** es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por la falta de aislamiento entre los conductores y tierra o masa de los aparatos. Consta de dos bobinas, colocadas en serie con los conductores de alimentación de corriente y que producen campos magnéticos opuestos y un núcleo o armadura que mediante un dispositivo mecánico adecuado puede accionar unos contactos. Dicho interruptor provocará la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

- Conductor eléctrico: se dice que un cuerpo es conductor eléctrico cuando puesto en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Generalmente suelen ser hilos de cobre.
- Interruptor automático: es un aparato mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en condiciones normales, así como de establecer y soportar durante un tiempo corrientes de cortocircuito.

El interruptor automático consta de:

1. Cámara de extinción: absorbe el arco que se produce al abrir y cerrar los contactos.
2. Mecanismo de apertura y cierre: lo que hace es abrir y cerrar el contacto.
3. Disparadores: es el que manda abrir este mecanismo de apertura:

Hay de dos tipos:

- Disparadores primarios:
    - Térmicos: Verifica si se produce una sobrecarga.
    - Electromagnéticos: para verificar cortocircuitos. A partir de 125 A el disparador es regulable.
  - Disparador secundario: Siempre está conectado a un contacto auxiliar que está alimentado a una fuente de alimentación. Este disparador también se puede utilizar para el rearme de automático, además de una determinada condición que nosotros hayamos impuesto.
- 
- Interruptor magnetotérmico: Es un pequeño interruptor automático. . Tiene las mismas partes que un interruptor automático excepto que no tienen disparadores secundarios. Además tampoco son regulables. Es el elemento responsable del corte de la corriente con el fin de protegernos. Es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger frente a las intensidades excesivas, producidas como consecuencia de cortocircuitos o por el excesivo número de elementos de consumo conectados a ellas. Para su funcionamiento, los interruptores magnetotérmicos aprovechan dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica por un circuito, el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica conectada en serie y por la que circula la corriente que va hacia la carga.
  - Fusibles: Es un aparato de conexión que provoca la apertura del circuito por fusión debido al calentamiento de uno o varios elementos destinados a ese fin.

### 1.7.3 Protecciones de la Instalación:

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosas, así como para limitar las sobreintensidades y los defectos de los arcos.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. La **selectividad** es la coordinación de dispositivos de corte automático para que un defecto, producido en un punto cualquiera de la red, sea eliminado por el interruptor colocado inmediatamente aguas arriba del defecto, y solo por él. La selectividad de las protecciones es un elemento esencial que debe ser tomado desde el momento de la concepción de una instalación en baja tensión, con el fin de garantizar a los usuarios la mejor disponibilidad de la energía.

La selectividad es importante en todas las instalaciones para el confort de los usuarios, pero fundamentalmente solo se encuentra en las instalaciones que alimentan los procesos industriales de fabricación. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente anterior al punto defectuoso, tomando como base el sentido de flujo de la energía. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior.

Una instalación no selectiva está expuesta a riesgos de diversa gravedad:

- Imperativos de producción no respetados.
- Obligación de volver a realizar los procesos de arranque para cada una de las máquinas herramientas, como consecuencia de una pérdida de alimentación general.
- Paros de motores de seguridad tales como bombas de lubricación, extractores de humos, etc.
- Roturas de fabricación con pérdidas de producción o riesgo de avería en los útiles de producción.

Se entiende por **tiempo de escalonamiento** al intervalo de tiempo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto. Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse.

### 1.7.3.1 Protecciones contra Sobrecargas:

Se denomina **sobrecarga** al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta intensidad superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve. Se comprende que producirá grandes daños si su duración es larga, pues los aparatos receptores y conductores no están preparados para soportar este incremento de temperatura a la que se verán sometidos como consecuencia del incremento de la intensidad. La consecuencia más directa de la sobrecarga es una elevación de la temperatura, que por otra parte, es la causa directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Los dispositivos de protección, deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que ésta pueda provocar calentamiento que afecte al aislamiento, las conexiones, los terminales, o el medio ambiente. Las protecciones que se utilizan para sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, es decir, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se va a proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

Debe instalarse un dispositivo que asegura la protección contra las sobrecargas en los lugares en que un cambio trae consigo una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, por ejemplo, un cambio de sección, de naturaleza, de modo de instalación...

Según la ITC-BT-22, los dispositivos de protección contra sobrecargas serán fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o interruptores automáticos de corte omnipolar con curva térmica de corte.

### 1.7.3.2 Protecciones contra Cortocircuitos:

Se produce un **cortocircuito** en un sistema de potencia cuando entran en contacto entre sí o con tierra conductores correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces al valor máximo de la corriente de carga en el punto de falta.

La corriente de cortocircuito es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito y mientras tenga duración éste. Dicha corriente transcurre, generalmente, en un principio de forma asimétrica con respecto a la línea cero y contiene una componente alterna y otra continua. La componente de corriente alterna se amortigua hasta alcanzar el valor de la intensidad permanente de cortocircuito. La componente de corriente continua se atenúa hasta anularse completamente.

Un cortocircuito tiene las siguientes características:

- *Su duración:* auto extingible, transitorio, permanente.
- *Su origen:* originados por factores mecánicos (rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramientas o animales), debidos a sobretensiones eléctricas de origen interno o atmosférico, causados por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo.
- *Su localización:* dentro o fuera de una máquina o un cuadro eléctrico.

Desde otro punto de vista, los cortocircuitos pueden ser: monofásicos (el 80% de los casos), bifásicos ( el 15% de los casos, que suelen degenerar en trifásicos) y trifásicos de origen ( el 5% de los casos).

El RBT admite como dispositivo de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos, cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación. Se admite, no obstante que, cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecarga, mientras que un solo

dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Los dispositivos de protección deben ser previstos para interrumpir toda la corriente del cortocircuito en los conductores, antes que ésta pueda causar daños como consecuencia de los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuito debe responder a las dos siguientes condiciones:

- Su *poder de ruptura* debe ser por lo menos, igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en el que se encuentra instalado. Puede admitirse un dispositivo de poder de ruptura inferior al previsto, a condición de que por el lado de la alimentación se instale otro dispositivo con el poder de ruptura necesario.
- El *tiempo de ruptura* de toda corriente resultante de un cortocircuito producido en un punto cualquiera del circuito no debe ser superior al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible.

Un cortocircuito puede tener diferentes consecuencias dependiendo de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la instalación afectado y de la magnitud de la intensidad.

Según el lugar del defecto, la presencia de un arco eléctrico puede:

- Degradar los aislantes.
- Fundir los conductores.
- Provocar un incendio o representar un peligro para las personas.

Según el circuito afectado, pueden presentarse sobreesfuerzos electrodinámicos con deformación de los juegos de barras y arrancado o desprendimiento los cables. Puede haber un sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes.

Para la correcta aplicación de las medidas de protección expuestas en la norma UNE 20.460 se deberá aplicar lo indicado en la tabla 1 de la ITC-BT-22, del RBT.

### 1.7.3.3 Cálculo de las corrientes de cortocircuito:

Para el diseño de una instalación y poder elegir adecuadamente los dispositivos de protección debemos conocer las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los distintos niveles.



### • Corriente de cortocircuito máxima:

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y al tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, en las instalaciones de baja tensión el tipo de cortocircuito de mayor aporte es el trifásico.

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El poder de corte y de cierre de los interruptores.
- Los esfuerzos térmicos y electrodinámicos en los componentes.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito máxima tendremos en cuenta todo lo que hay aguas arriba del interruptor automático a calcular.

Dicha corriente se calculará mediante las siguientes expresiones, en función de si es un cortocircuito tetrapolar o bipolar:

$$I_{cc} = \frac{U_s \cdot C}{2 \cdot Z_D} \quad (\text{bipolar})$$

$$I_{cc} = \frac{U_s \cdot C}{\sqrt{3} \cdot Z_D} \quad (\text{tetrapolar})$$

Donde:

$I_{cc}$ : corriente de cortocircuito eficaz en A.

$C$ : Variación de tensión. Su valor para instalaciones de baja tensión, a 230/400 V es de 1.

$U_n$ : tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.

$Z_d$ : impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en  $\Omega$ .

Una vez se ha calculado la corriente de cortocircuito máxima, se obtiene el poder de corte, que deberá cumplir la siguiente condición:

$$PdC \geq I_{ccmax}$$

Siendo el PdC el poder de corte de los interruptores magnetotérmicos que escogeremos.

### • Corriente de cortocircuito mínima:

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en el extremo del circuito protegido, considerando la configuración de la red y al tipo de cortocircuito de menor aporte. En las instalaciones de baja tensión los tipos de cortocircuito de menor aporte son el fase-neutro (circuito con neutro) o entre dos fases (circuitos sin neutro).

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El ajuste de los dispositivos de protección para la protección de los conductores frente a cortocircuitos.
- Tipo de curva del interruptor magnetotérmico.

Esta corriente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc \min} = \frac{C \cdot U_n \cdot \sqrt{3}}{|2 \cdot Z_d \cdot Z_o|}$$

Donde:

- $I_{cc}$ : corriente de cortocircuito eficaz en A.
- $C$ : Variación de tensión. Su valor para instalaciones de baja tensión, a 230/400V es de 0,95.
- $U_n$ : tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.
- $Z_d$ : impedancia directa en  $\Omega$ , teniendo en cuenta que la temperatura de cortocircuito es de 250°C.
- $Z_o$ : impedancia homopolar en  $\Omega$ .

Una vez calculada la corriente de cortocircuito mínima, antes de elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, es necesario calcular su calibre (intensidad nominal). Se acotará del siguiente modo:

$$I_{cal} < I_{nom} < I_{adm}$$

Dónde:

- $I_{cal}$ : es la intensidad prevista partiendo de la previsión de cargas que va a ser alimentada por la línea en la que está la protección, su tensión y el factor de potencia. Por tanto se puede determinar de la siguiente manera:

$$I_{cal} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

- $I_{adm}$ : es la máxima intensidad que puede circular por el cable sin que sufra daños irreversibles. Se obtiene de la tabla 1 de la ITC-BT-19.

Dentro del intervalo que nos ofrecen estos dos valores se escoge el que más convenga teniendo en cuenta los valores normalizados.

Finalmente ya se puede conocer el tipo de curva del interruptor magnetotérmico, de forma que la  $I_{ccmin}$  sea mayor o igual que la corriente de magnetización, siendo esta corriente para cada curva:

- Curva B:  $I_{mag} = 5I_n$
- Curva C:  $I_{mag} = 10I_n$
- Curva D:  $I_{mag} = 20I_n$

### 1.7.3.4 Cálculo de las impedancias:

#### • Impedancia directa ( $Z_d$ ):

Cada constituyente de una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia  $Z$  compuesta de un elemento resistivo puro,  $R$ , y un elemento inductivo puro,  $X$ , llamando reactancia.

El método consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de  $R$  y de  $X$ . Después se suman aritméticamente por separado.

$$Z_d = Z_a + Z_T + Z_L + Z_{aut}$$

#### • Impedancia de la línea MT/AT ( $Z_a$ )

La potencia de cortocircuito de la red es un dato de la compañía distribuidora de energía (500MVA). Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada al secundario del transformador:

$$Z_a = X = \frac{U_s^2}{S_{cc}}$$

Donde:

- $U_s$ : tensión en vacío del secundario del transformador en voltios.
- $S_{cc}$ : potencia de cortocircuito en VA.
- $Z_a$ : impedancia aguas arriba del defecto en  $j\Omega$ . Es totalmente inductiva.

#### • Impedancia del transformador de distribución ( $Z_T$ )

Para el cálculo aproximado, se puede igualmente despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z = X = U_{cc} \cdot \left( \frac{U_s^2}{S} \right)$$

Donde:

- $U_s$ : tensión en vacío entre fases en voltios
- $U_{cc}$ : tensión de cortocircuito en % (4.5%)
- $S$ : potencia aparente en VA del transformador (800 KVA)
- $Z_T$ : impedancia o reactancia al secundario en  $j\Omega$ .

La resistencia y la reactancia, tanto del transformador como del aparellaje de alta tensión lo podemos considerar despreciable, con el motivo de ahorrar cálculos prácticamente innecesarios.

#### • Impedancia de los conductores ( $Z_L$ )

La resistencia de los conductores se calculará según la fórmula:

$$R_L = \frac{\rho \cdot L}{S}$$

*Dónde:*

- $R$ : resistencia del conductor en  $\Omega$ .
- $\rho$ : resistividad del material.
- $L$ : longitud del conductor
- $S$ : sección por fase del conductor.

Para secciones iguales o inferiores a  $150 \text{ mm}^2$  se desprecia la reactancia de la línea.

#### • Impedancia de los automatismos ( $Z_{\text{aut}}$ )

Esta impedancia representa los automatismos (protecciones, relés, bobinas...) de aguas arriba. El valor de la impedancia de cada automatismo es de  $0,15 \text{ j m}\Omega$ .

$$Z_{\text{aut}} = X_{\text{aut}} = n^{\circ} \text{ de automatismos} \cdot 0,15 \text{ j m}\Omega$$

En el  $n^{\circ}$  de automatismos se incluye el que se está calculando, así como otros de otra índole como diferenciales, relés, fusibles...

#### • Impedancia directa nueva ( $Z_{\text{dnueva}}$ )

Con el objetivo de determinar la curva del interruptor magnetotérmico, se procede a calcular la nueva impedancia directa. Para ello se debe tener en cuenta la  $Z_d$  de la línea más desfavorable, es decir, también hay que tener en cuenta las impedancias aguas abajo. Otra novedad es que para calcular la nueva  $Z_L$ , hay que calcularlo a temperatura de cortocircuito ( $250^{\circ}\text{C}$ ). Para ellos se hace la siguiente transposición:

$$Z_{L250^{\circ}} = Z_{L20^{\circ}} \cdot (1 + \alpha \Delta T)$$

*Donde:*

- $\alpha = 4 \cdot 10^{-3}$
- $\Delta T = 250 - 20 = 230^{\circ}$

*Por lo tanto:*

$$Z_{\text{dnueva}} = Z_a + Z_T + Z_{L250^{\circ}} + Z_{\text{aut}}$$

#### • Impedancia homopolar

En este caso también se calcula la impedancia al final de la línea:

$$Z_0 = Z_{a0} + Z_{T0} + Z_{L0} + Z_{\text{aut}0}$$

*Dónde:*

- $Z_0 = 0$
- $Z_{a0} = Z_T$
- $Z_{T0} = 3 \times Z_{L250^\circ}$
- $Z_{aut0} = 3 \times Z_{aut}$

#### **1.7.4 Protección de Personas:**

Siempre que existan entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor que los une entre sí, se establecerá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas puede producir:

- Cuando las personas se pongan en contacto directo con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto en el aislamiento...
- Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica que accidentalmente se encuentra bajo tensión (contacto indirecto), como puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina..., que puedan quedar bajo tensión por un defecto en el aislamiento, por confusión en la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Se han realizado diversos estudios para determinar con exactitud los valores peligrosos de intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas límites de tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores inferiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos inferiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y de la resistencia eléctrica del cuerpo humano. Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto.

El RBT fija según la ITC-BT-24 estos valores:

- 24 V para locales o emplazamientos húmedos.
- 50 V en los demás casos.

El grado de peligrosidad de la corriente eléctrica para la persona que pueda establecer contacto directo o indirecto dependerá de factores fisiológicos, e incluso de su estado concreto en el momento del contacto; sin embargo, al margen de ello, a nivel general, se puede decir que depende del valor de la corriente que pasa por él y de la duración de la misma.

##### **1.7.4.1 Protección contra contactos directos:**

Para asegurar una protección eficaz ante los contactos directos que se puedan producir es conveniente tomar las siguientes medidas:

- Alejamiento de las partes activas de la instalación, de este modo se hace imposible un contacto fortuito con las manos.

- Interposición de obstáculos (Ej. Armarios eléctricos aislantes o barreras de protección), con ellos se impide cualquier contacto accidental con las partes activas de la instalación. Si los obstáculos son metálicos, se deben tomar también las medidas de protección previstas contra contactos indirectos.
- Recubrimiento con material aislante (Ej. Aislamiento de cables, portalámparas...). No se consideran materiales aislantes apropiados la pintura, los barnices, las lacas o productos similares.

En esta instalación se adoptará principalmente el indicado en el último apartado, es decir, todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados.

#### 1.7.4.2 Protección contra contactos indirectos:

Los sistemas de protección contra estos contactos están fundamentados en estos tres principios:

- Impedir la aparición de defectos mediante aislamientos complementarios.
- Hacer que el contacto eléctrico no sea peligroso mediante el uso de tensiones no peligrosas.
- Limitar la duración del contacto a la corriente mediante dispositivos de corte.

Las medidas de protección contra contactos indirectos dependen del esquema de distribución, siendo en este caso un esquema TT las características y prescripciones serán las siguientes:

- Todas las masas de los equipos eléctricos y protegidos por un mismo dispositivo de protección deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.
- El punto neutro de cada generador o transformador, o, si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_A \cdot I_A < U$$

Donde:

- $R_A$  = suma de las resistencias de toma de tierra y de los conductores de protección de las masas.
- $I_A$  = corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección.
- $U$  = tensión de contacto límite convencional.

Los dispositivos de protección utilizados en el esquema TT son los siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles o interruptores automáticos.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial debe abrir automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

La elección de la sensibilidad del diferencial que debe utilizarse en cada caso viene determinada por la resistencia de tierra de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas. Debe cumplir la relación:

- En locales secos:  $R \leq (50/I_s)$
- En locales húmedos o mojados:  $R \leq (24/I_s)$

*Donde:  $I_s$  sensibilidad en mA.*

### **1.7.5 Solución Adoptada:**

En el cuadro general de distribución se ha de colocar un interruptor automático de cabecera y dos interruptores diferenciales distribuidos de la siguiente forma: uno para las líneas 1, 2 y 3 además de otro para las líneas 4,5 y 6, con el fin de proteger las 6 líneas correspondientes a los seis cuadros secundarios. Se colocan de esta manera con el fin de que hubiese algún fallo imprevisto (contacto indirecto), no nos quedemos sin suministro en toda la nave. A parte de esto, también se han de colocar seis interruptores automáticos al principio de cada una de las seis líneas, para la protección de éstas.

En los cuadros auxiliares se ha de colocar un interruptor automático y otro diferencial para la protección de cada una de las máquinas que alimentan. Para la protección de las tomas de corriente se ha de colocar un interruptor automático y otro diferencial para proteger tanto a la toma de corriente trifásica como a las monofásicas. En el caso de los aparatos de alumbrado irán protegidos con un interruptor automático cada una de las distintas agrupaciones de aparatos existentes, además de un diferencial para cubrir posibles desperfectos en las líneas y quedando un sistema trifásico totalmente equilibrado. Las tomas de corriente de las oficinas, situadas en el cuadro secundario de las oficinas, irán protegidas, según su ubicación y uso, con un interruptor magnetotérmico y otro diferencial.

La distribución de las distintas protecciones estará representada en los planos de los seis cuadros auxiliares.

Los elementos de protección utilizados son de la marca Merlin Gerin. Para su elección se tendrá en cuenta, aparte del calibre y del poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea del retraso correspondiente en función de los diferenciales colocados en dichas líneas aguas abajo. Partiendo de un retardo de 30 ó 300 ms en los diferenciales situados más abajo en las líneas en función del receptor. Se dotará a los situados aguas arriba de por lo menos el doble de sensibilidad. Ante la imposibilidad de encontrar diferenciales de más de 500 mA de sensibilidad se ha

optado por utilizar toroidales con relé y bobina de disparo, estos pueden ser regulados de manera manual y cumplen las condiciones de protección necesaria.

### 1.7.5.1 Cuadro general de distribución

#### ENTRADA:

Sección del cable: 3x(3x150/70) mm<sup>2</sup>  
RZ1-K 0.6/1 KV PRYSMIAN.

- Interruptor automático Micrologic 2.0 NS1000N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 1000A
- Poder de corte: 50 KA
- N° de polos: III+N

- Interruptor automático NSX400N Micrologic 2.3 con toroidal, bobina de disparo y relé diferencial marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 400A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Sensibilidad regulada: 600 mA
- Bobina MX 220-240V 50/60HZ 208-277V 60HZ.
- Toroidal Merin Gerin MA 120 mm.
- Rele Diferencial Merlin Gerin RH99M 30mA/30A 0-4,5s 220-240vac.

- Interruptor automático NSX400N Micrologic 2.3 con toroidal, bobina de disparo y relé diferencial marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 630A
- Poder de corte: 25 KA
- N° de polos: III+N
- Sensibilidad regulada: 600 mA
- Bobina MX 220-240V 50/60HZ 208-277V 60HZ.
- Toroidal Merin Gerin MA 120 mm.
- Rele Diferencial Merlin Gerin RH99M 30mA/30A 0-4,5s 220-240vac.

#### SALIDAS:

Línea cuadro secundario 1:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>



**RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN**

- Interruptor automático NG125N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 30 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N

**Línea cuadro secundario 2:**

Sección del cable: 3x50/50+25TT mm<sup>2</sup>

**RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN**

- Interruptor automático NG125N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 125 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N

**Línea cuadro secundario 3:**

Sección del cable: 3x95/50+25TT mm<sup>2</sup>

**RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN**

- Interruptor automático NG125N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 250 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N

**Línea cuadro secundario 4 (oficinas):**

Sección del cable: 3x50/25+25TT mm<sup>2</sup>

**RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN**

- Interruptor automático NG125N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 125 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N

Línea cuadro secundario 5 (alumbrado 1):

Sección del cable: 3x150/70+35TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático NG125N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 250 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N

Línea cuadro secundario 6 (alumbrado 2):

Sección del cable: 3x120/70+35TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático NG125N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 250 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N

Línea de la batería de condensadores:

Sección del cable: 3x120/70+35TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático NSX400N Micrologic 2.3 con toroidal, bobina de disparo y relé diferencial marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 400A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Sensibilidad regulada: 600 mA
- Bobina MX 220-240V 50/60HZ 208-277V 60HZ.
- Toroidal Merin Gerin MA 120 mm.
- Rele Diferencial Merlin Gerin RH99M 30mA/30A 0-4,5s 220-240vac.

**1.7.5.2 Cuadro Secundario I****ENTRADA:**

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 32 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

**SALIDA:**

D1:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

D2:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

D3:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

D4:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

L1:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 2 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L2:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 2 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L3:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 2 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L4:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 2 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L5:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 2 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L6:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 2 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L7:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 12 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva D

**T1:**

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

**T2:**

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

**T3:**

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

### 1.7.5.3 Cuadro Secundario II

#### ENTRADA:

Sección del cable: 3x50/50+25TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 160 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

#### SALIDA:

##### D1:

- Interruptor automático NSX160N Micrologic 2.2 con toroidal, bobina de disparo y relé diferencial marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 160 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: III+N
- Sensibilidad regulada: 300 mA
- Bobina MX 220-240V 50/60HZ 208-277V 60HZ.
- Toroidal Merin Gerin MA 80 mm.
- Rele Diferencial Merlin Gerin RH99M 30mA/30A 0-4,5s 220-240vac.

##### D2:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

##### D3:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

L1:

Sección del cable: 3x10/10+10TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L2:

Sección del cable: 3x6/6+6TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 10 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L3:

Sección del cable: 3x25/16+16TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 80 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

T4:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>



## RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

T5:Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>

## RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

T6:Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>

## RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

T7:Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>

## RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 3 A

- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

**T8:**

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

**T9:**

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

**1.7.5.4 Cuadro Secundario III****ENTRADA:**

Sección del cable: 3x95/50+25TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 200 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III+N
- Curva C

**SALIDA:**D1:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 100 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

D2:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 100 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

D3:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

L1:

Sección del cable: 3x16/10+16TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 50 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L2:

Sección del cable: 3x16/10+16TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 50 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L3:

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L4:

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L5:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 12 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L6:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 12 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L7:

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III
- Curva C

L8:

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III
- Curva C

T10:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 15 KA
- N° de polos: III
- Curva C

**1.7.5.5 Cuadro Secundario IV****ENTRADA:**

Sección del cable: 3x4/4+4TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 125 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

**SALIDA:**D1:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 40 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

D2:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 32 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

D3:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

D4:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

D5:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

D6:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 300 mA
- N° de polos: 4P

L1:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 10 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

L2:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 16 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

L3:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

L4:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II



- Curva D

L5:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L6:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L5:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L6:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L7:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 4 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L8:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 4 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L9:

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 1 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II

- Curva D

#### T01.A

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

#### T01.B

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 10 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

#### T02.A

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

#### T02.B

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 10 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

#### T03

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 10 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

#### T04.A

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

#### T04.B

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>

RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 4 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II

- Curva C

#### T05.A

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 6 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

#### T05.B

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 10 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

### **1.7.5.6 Cuadro Secundario V (Alumb 1)**

#### **ENTRADA:**

Sección del cable: 3x150/70+70TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 315 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

#### **SALIDA:**

D1:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 80 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

D2:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 80 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

D3:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 80 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

D4:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

D5:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 63 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

L1:

Sección del cable: 2x10+10TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L2:

Sección del cable: 2x10+10TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L3:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L4:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

**L5:**

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

**L6:**

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

**L7:**

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D



L8:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L9:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L10:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 1 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

L11:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 1 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

**L12:**

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 1 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

**L13.A:**

Sección del cable: 2x10+10TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

**L13.B:**

Sección del cable: 2x10+10TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

**Características principales:**

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L13.C:

Sección del cable: 2x10+10TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 20 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

**1.7.5.7 Cuadro Secundario VI (Alumb 2)****ENTRADA:**

Sección del cable: 3x120/70+70TT mm<sup>2</sup>  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 250 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III+N
- Curva D

**SALIDA:**D1:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 80 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

D2:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 80 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

D3:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 80 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

D4:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

D5:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

D6:

- Interruptor automático diferencial ID, marca Merlin Gerin (Schneider).

## Características principales:

- Calibre: 25 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

L1:

Sección del cable: 2x10+10TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L2:

Sección del cable: 2x10+10TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L3:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L4:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II

- Curva D

L5:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L6:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L7:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L8:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L9:

Sección del cable: 2x6+6TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 25 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L10:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 1 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

L11:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 1 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II

- Curva D

L12:

Sección del cable: 2x1,5+1,5TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 1 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva D

T11:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

T12:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

T13:

Sección del cable: 2x2,5+2,5TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN



- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: II
- Curva C

T14:

Sección del cable: 3x2,5/2,5+2,5TT mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0.6/1KV PRYSMIAN

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 3 A
- Poder de corte: 10 KA
- N° de polos: III
- Curva C

## **1.8 PUESTAS A TIERRA:**

### **1.8.1 Introducción:**

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta a tierra se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica, como un circuito de protección, que tiene que proteger a las personas, a las instalaciones eléctricas y a los receptores conectados a ella.

El límite de tensión admisible entre una masa cualquiera y la relación a tierra, o entre masas distintas, nos viene definido en la ITC-BT 18.

- Locales húmedos: 24 voltios.
- Locales secos: 50 voltios.

Las tomas de tierra limitan las sobreintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo esta limitación tanto mayor en cuanto a las tomas de tierra presenten menor impedancia al paso de esta corriente.

Durante el transcurso de las perturbaciones, los equipos de una misma instalación deben quedar al mismo potencial; siendo muy importante la necesidad de corregir pequeños valores de puesta a tierra, con el fin de obtener la equipotencialidad.

### 1.8.2 Objetivo de la Puesta a Tierra:

La puesta a tierra, es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta o las de descarga de origen atmosférico.

La instalación a tierra manda a tierra toda corriente eléctrica que se salga de su recorrido normal y también enviará a tierra corrientes o descargas de origen atmosférico procedentes de otras fuentes.

El paso de estas diferentes corrientes por el terreno conductor, con unas características eléctricas variables por sus características geológicas, producen unas distribuciones de potencial en toda su masa y en particular en su superficie, con las consiguientes diferencias de potencial entre puntos del terreno que inciden directamente sobre la seguridad de las personas. Por ello, los estudios de las puestas a tierra deberían considerar:

- La seguridad de las personas
- La protección de las instalaciones
- La protección de equipos sensibles
- Un potencial de referencia.

Para ellos es necesario conocer:

- Los elementos que forman las instalaciones.
- Las diferentes fuentes de corriente que las solicitan.
- Las respuestas de los diferentes elementos a estas diferentes fuentes.
- El terreno, teniendo en cuenta su heterogeneidad (rocas que lo forman, estratos, textura...) y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

### 1.8.3 Partes de la Puesta a Tierra:

#### 1.8.3.1 El Terreno:

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico. Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Los cuerpos que tiene una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica y los que la tienen muy alta, se oponen al paso de corriente. La resistividad del terreno se mide en ohmios por metro ( $\Omega/m$ ).

Como los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las

diferentes capas que componen el terreno. La investigación de las características eléctricas del terreno es un requerimiento de la instrucción MIE-RAT-13, para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra.

El terreno, como conductor de la corriente eléctrica, se puede considerar como un agregado formado por una parte sólida mineral y sendas partes líquida y gaseosa. La resistividad del terreno depende de los siguientes conceptos:

- Humedad
- Resistividad de los minerales que forman la fracción sólida.
- Resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la fracción sólida.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Superficie de separación de la fase líquida con la fase sólida.
- Temperatura.
- Textura.

### **1.8.3.2 Las tomas de tierra:**

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio.

La toma de tierra consta de tres partes fundamentales:

- Electrodo
- Línea de alcance con tierra.
- Punto de Puesta a Tierra

#### **1.8.3.2.1: El Electrodo**

Es una masa metálica, permanentemente en buen contacto con el terreno, para facilitar el paso a éste, de la corriente de defecto que pueda presentarse a la carga eléctrica que tenga o pueda tener.

Los electrodos estarán contruidos con materiales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno. Por ellos, se suelen usar materiales tales como el cobre, el acero galvanizado y el hierro zincado.

Según su estructura, los electrodos pueden ser:

- *Placas*: Serán de cobre o hierro zincado. En caso de ser necesarias varias placas, estas se colocarán separadas una distancia de 3 metros.
- *Picas*: Pueden estar formadas por tubos de acero zincado de 60 mm de diámetro mínimo, o de cobre de 14 mm de diámetro, y con unas longitudes nunca inferiores a 2 metros. En el caso de ser necesarias varias picas, la distancia entre ellas será, al menos, igual a la longitud.
- *Conductores enterrados*: Se usarán cables de cobre desnudo de al menos 35 mm<sup>2</sup> de sección, o cables de acero galvanizado de un mínimo de 2,5 mm de

diámetro. Estos electrodos deberán enterrarse horizontalmente a una profundidad no inferior a 50 cm.

- *Mallas metálicas*: Formadas por electrodos simples del mismo tipo unidos entre sí y situados bajo tierra.

En todos los casos, la sección del electrodo debe ser tal que ofrezca menor resistencia que la del conductor de las líneas principales de tierra. La resistencia del electrodo depende de su forma, de sus dimensiones y de la resistividad del terreno. Las fórmulas que se deben utilizar para calcular dicha resistencia vienen recogidas en la ITC-BT-18.

#### **1.8.3.2.2: Línea de alcance con tierra:**

La línea de enlace con la tierra está formada por los conductores que unen el electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra, desnudos en el suelo, se consideran que forman parte del electrodo y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de  $35 \text{ mm}^2$  de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

#### **1.8.3.2.3 Punto de puesta a tierra:**

Es una parte situada fuera del suelo, que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. La instalación que lo precise, dispondrá de un número suficiente de puntos de puesta a tierra convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos. El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión (regleta, placa, borne, etc.), que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados, separarse éstas, con el fin de poder realizar la medida de la resistencia de tierra.

#### **1.8.3.3 La línea principal de tierra:**

Es la parte del circuito de puesta a tierra del edificio, que está formado por conductores de cobre, que partiendo de los puntos de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas o elementos necesarios.

Serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de  $16 \text{ mm}^2$  de sección.

Su tendido se hará buscando los caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Se evitará someterlos a desgastes mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y los desgastes mecánicos. La línea principal de tierra termina en el punto de puesta a tierra, teniendo especial cuidado en la conexión, asegurando una conexión efectiva.

### 1.8.3.4 Las derivaciones de las líneas principales de tierra:

Son los conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección o bien directamente las masas significativas que existen en el edificio.

Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión. El dimensionamiento viene en la ITC-BT-18.

SECCIONES DE LOS COND DE FASE (mm <sup>2</sup> )	SECCIONES DE LOS COND DE PROTECCION (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

- Con un mínimo de  $2,5 \text{ mm}^2$  si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica.
- Con un mínimo de  $4 \text{ mm}^2$  si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica.

### 1.8.3.5 Los conductores de protección:

Son los conductores de cobre, encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y de los aparatos eléctricos, con las derivaciones de la línea principal de tierra, con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

El dimensionamiento de estos conductores, viene dado en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege, según la ITC-BT-19.

### 1.8.4 Elementos a conectar a la toma a tierra:

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, se deberá conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

Según la norma tecnológica de la edificación, deberán conectarse a tierra:

- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Caja general de Protección (No obligatorio según R.B.T.).
- Instalación de pararrayos.
- Instalación de antenas colectivas de TV y FM.
- Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- Toda masa o elemento metálico significativo.
- Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.

### 1.8.5 Solución adoptada:

El electrodo de puesta a tierra está formado por un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> desnudo y enterrado a una profundidad de 0.8 m. El conductor abarca todo el perímetro de la nave, y en cada vértice tendrá una pica de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 2 metros de longitud.

La instalación de puesta a tierra tiene la característica de que en uno de los laterales al compartir un tabique con la nave adyacente el conductor será introducido por la parte interior de la nave.

El número total de picas será 4, y toda la red estará unida en mallazo metálico de cimentación y a los pilares metálicos. Todas las uniones se realizarán mediante soldadura aluminotérmica. En cada pica se pondrá una arqueta de registro para poder comprobar el buen estado de las picas y de las conexiones al anillo de cobre desnudo.

El anillo de puesta a tierra se conectará al borneo principal de tierra del cuadro general a través de una caja de seccionamiento y medida de puesta a tierra situada junto al cuadro, desde donde partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

Los conductores de tierra se distinguen fácilmente de los conductores activos por el color amarillo-verde.

## 1.9 POTENCIA A COMPENSAR:

Según los datos calculados en el apartado cálculos y expuestos en las tablas, determinaremos el  $\cos \varphi$  medio:

$$\cos \varphi = \frac{\sum P}{\sum S} = \frac{266009,5}{305503,9} = 0,8707$$

Por lo tanto, la potencia reactiva consumida será:

$$Q = P \cdot \tan \varphi = 150238,38 \text{ VAr}$$

La idea es colocar una batería de condensadores al lado del cuadro general de distribución para corregir el factor de potencia puesto que la compañía suministradora de energía eléctrica (en este caso Iberdrola), dependiendo de dicho factor, en la factura eléctrica aplica un recargo o una bonificación.

Con el factor de potencia que presenta la instalación antes de compensar la energía reactiva consumida, la compañía eléctrica, nos aplicaría un recargo sobre el término de potencia, Para el factor de potencia que presenta la instalación después de compensar la energía eléctrica, nos aplicará una bonificación.

Aparte del ahorro económico que supone en la factura eléctrica, la compensación de energía reactiva reporta mejoras en las prestaciones y funcionamiento de la instalación, disminuyendo las caídas de tensión y las pérdidas por efecto Joule.

Para ello, se colocará, como se ha comentado, un condensador al lado del cuadro general. El equipo seleccionado para la corrección del Factor de Potencia (hasta 0,97) es una batería de condensadores de de **105 KVar (Con escalones 7x15KVar)**, serie **RECTIMAT 2 Clase H 400 V de la marca Legrand**, que se colocará en el lado del cuadro general de baja tensión.

La batería automática elegida tiene una serie de características:

- Tensión asignada: 400 V, trifásicos 50 Hz.
- Grado de protección IP31
- Auto transformador 400/230 V, integrado.
- Protección contra contactos directos (puerta abierta)
- Normas: CEI 439-1, EN 60439

## **1.10 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:**

### **1.10.1 Introducción**

La alimentación de todos los circuitos de la instalación se realizará a partir del centro de transformación propiedad de la empresa, ubicado en un local de uso exclusivo y de fácil acceso. En él se encuentran los elementos de unión entre la red de distribución y el transformador de potencia.

Al centro de transformación llegará la acometida de alta tensión a 13.2 KV aérea, y en él se dispondrán los elementos necesarios y exigidos por la reglamentación vigente. Las necesidades de la instalación serán cubiertas mediante un transformador de 630KVA.

### **1.10.2. Reglamentación y disposiciones oficiales:**

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento electrónico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.

- Normas particulares de Iberdrola.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

### **1.10.3. Tipos de Centro de Transformación:**

#### **• De red pública:**

Cuando se trata de alimentar a diversos abonados en baja tensión, la empresa distribuidora, instala un CT de potencia adecuada al consumo previsto del conjunto de abonados. Por tanto, el CT es propiedad de la empresa suministradora de electricidad, la cual efectúa su explotación y mantenimiento, y se responsabiliza de su funcionamiento.

Por tanto, este CT forma parte de la red de distribución también denominada red pública.

#### **• De abonado:**

A partir de determinada potencia y/o consumo, existe la opción de contratar el suministro de energía directamente en media tensión. En este caso, el abonado debe instalar su propio CT y realizar su explotación y mantenimiento. Se habla pues de un CT de abonado. Como el precio de la energía en media tensión es más bajo que en baja, a partir de ciertas potencias (KVA) y/o consumos (KWh), resulta más favorable contratar el suministro en media tensión, aún teniendo en cuenta el coste del CT y su mantenimiento (ambos a cargo del abonado). Esta opción de CT propio presenta otras ventajas adicionales:

- Independencia respecto de otros abonados de baja tensión.
- Poder elegir el régimen del neutro de baja tensión más conveniente, aspecto importante para ciertas industrias, en las que la continuidad de servicios puede ser prioritaria.
- Poder construir el CT, ya previsto para futuras ampliaciones.

### **1.10.4. Situación y emplazamiento:**

El centro de transformación está ubicado en un edificio prefabricado situado en la parte lateral izquierda de la nave industrial, destinado exclusivamente a su uso. El acceso al CT se hará mediante dos puertas frontales que se han construido en dicho edificio prefabricado.

### **1.10.5. Características generales del Centro de Transformación:**

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo exterior, y dadas las características de ubicación de la parcela en la que se emplaza la nave, la empresa suministradora, clasifica el centro de transformación objeto de estudio como centro de transformación de abonado. Será necesaria una caseta o edificio prefabricado de obra civil.



El centro de transformación será prefabricado de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4, empleando para su aparallaje celdas prefabricadas bajo envoltente metálica según la norma UNE-20.099-90 de la marca ORMAZABAL.

La acometida al mismo será aérea, alimentando al centro mediante una red de MT, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13.2 KV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora IBERDROLA.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- Compartimento de aparallaje
- Compartimento de juego de barras
- Compartimento de conexión de cables
- Compartimento de mando
- Compartimento de control.

#### **1.10.6. Características de las celdas:**

Los tipos generales de celdas empleadas en este proyecto son sistema CGM: celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparallaje fijo que utiliza el hexafloruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envoltente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-20.099-90.

#### **1.10.7. Descripción de la instalación:**

##### **1.10.7.1. Obra Civil:**

###### **1. Local:**

El centro estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad, situado en la parte lateral izquierda de la Nave Industrial.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón de la marca ORMAZABAL, modelo PFU-4.

El acceso al centro estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de dos puertas, una peatonal y otra para el CT. Dichas puertas permanecerán cerradas con un sistema de cierre que permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

###### **2. Características Constructivas:**

Se trata de una constitución prefabricada de hormigón modelo PFU-4 de ORMAZABAL. Las características más destacadas del prefabricado serán:

- Compacidad: Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica, lo que supondrá obtener calidad en origen, reducción del tiempo de instalación y posibilidad de posibles traslados.
- Facilidad de instalación: La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.
- Material: El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes, techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado, se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica y una perfecta impermeabilidad.
- Equipotencialidad: La propia armadura de mallazo electro-soldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la recomendación UNESA las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida de hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10000 ohmios. Ningún elemento metálico unido al sistema de equipotencialidad será accesible desde el exterior.
- Impermeabilidad: Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre estos, desaguado directamente al exterior desde su perímetro.
- Pinturas: El acabado de las superficies exteriores se efectuará con pintura acrílica, de color blanco-crema y textura rugosa en las paredes, y marrón en el perímetro de las cubiertas o techo, puertas y rejillas de ventilación.
- Grados de protección: Serán conformes a la UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será IP339.

### 3. Componentes principales:

Las componentes principales que formarán el edificio prefabricado son las que se indican a continuación:

- Envolvente: La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en fábrica. La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total permeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica. En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.
- Suelos: Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las

celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos, se taparán con unas placas prefabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.

- Cuba de recogida de aceite: La cuba de recogida de aceite se integra en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad suficiente para transformadores de hasta 800KVA, estando así diseñada para recoger en su interior el aceite del transformador sin que este se derrame por la base.
- Puertas y rejillas de ventilación: Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con resina epoxi. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.
- Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180° hacia el exterior, y se podrá mantener en la posición de 90° con retenedor metálico.
- El acabado estándar del centro se realiza con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes y marrón en los techos, puertas y rejillas.

Las dimensiones del centro de transformación quedan reflejadas en el siguiente cuadro:

	Dimensiones exteriores	Dimensiones interiores	Dimensiones excavación
Longitud(mm)	6080	5900	6880
Anchura(mm)	2380	2200	3180
Altura(mm)	3045	2355	560
Superficie(m2)	14,47	12,98	

Peso= 12000 Kg.

Los equipos eléctricos inmersos en el centro de transformación serán prefabricados y cumplirán con las especificaciones indicadas en MIE RAT 19.

### 1.10.8. Instalación eléctrica:

#### 1.10.8.1 Introducción:

El centro de transformación se compone de una serie de celdas unidas eléctricamente entre sí, de un transformador y de un cuadro de baja tensión.

En primer lugar habrá una *celda de línea*, que se utiliza para la maniobra de entrada de los cables que forman el circuito de alimentación del centro de transformación. (el transformador de 630KVA de la marza Olmazabal viene diseñado con dos celdas de línea, por defecto, solo usaremos una.

Después se conectará una *celda de protección*, que se utiliza para la ejecución de maniobras para la conexión y desconexión del transformador o para su protección, realizándose esta última mediante fusibles.

Seguidamente se conectará la *celda de medida*, justo antes del transformador de MT/BT.

Para finalizar se conectará el transformador a un cuadro de baja tensión, en el que se ubicarán las distintas protecciones del alumbrado y de las tomas de corriente del centro.

#### **1.10.8.2. Características de la red de alimentación:**

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo aéreo a una tensión de 13.2 KV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

#### **1.10.8.3. Características de la aparamenta en media tensión:**

Características generales de los tipos de aparamenta empleados en la instalación:

##### *Celdas CGM:*

El sistema CGM está formado por un conjunto de celdas modulares de media tensión, con aislamiento y corte de hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), cuyos embarrados se conectan utilizando unos elementos patentados por ORMAZABAL y denominados “conjuntos de unión”, consiguiendo una unión totalmente apantallada, e insensible a las condiciones externas.

Las partes que componen estas celdas son:

- **Base y frente:** La altura y el diseño de esta base permiten el paso de cables entre celdas sin necesidad de foso, y presentan el mismo unifilar del circuito principal y ejes de accionamiento de la aparamenta a la altura idónea para su operación. Igualmente, la altura de esta base facilita la conexión de los cables frontales de la acometida.

La parte frontal incluye en su parte superior la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la celda y los accesos de lámparas de señalización de tensión y el panel de acceso de los cables y fusibles. En su interior hay una pletina de cobre a lo largo de toda la celda, permitiendo la conexión a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

- **Cuba:** La cuba fabricada de acero inoxidable de 2 mm de espesor, contiene el interruptor, el embarrado y los portafusibles. El gas SF<sub>6</sub> se encuentra en su interior a una presión absoluta de 1,3 bares. El sellado de la cuba permite el mantenimiento de los requisitos de operación segura durante más de 30 años, sin necesidad de reposición de gas.

Esta cuba cuenta con un dispositivo de evacuación de fases que, en caso de arco interno, permite su salida hacia la parte trasera de la celda, evitando así, con la ayuda de la altura de las celdas, su incidencia sobre las personas, los cables, o la aparamenta del centro de transformación.

• **Interruptor-Seccionador-Seccionador de puesta a tierra:** El interruptor disponible en el sistema CGM tiene las tres posiciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La actuación de este interruptor se realiza mediante palanca de accionamiento sobre dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutaciones entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que conmuta entre las posiciones de seccionado y puesta a tierra).

• **Mando:** Los mandos de actuación son accesibles desde la parte frontal, pudiendo ser accionados de forma manual o motorizada.

• **Fusibles** (Celda CMP-F): En las celdas CMP-F de protección mediante fusibles, los fusibles se montan sobre unos carros que se introducen en los tubos portafusibles de resina aislante, que son perfectamente estancos respecto del gas y del exterior. El disparo se producirá por fusión de uno de los fusibles o cuando la presión interior de los tubos portafusibles se eleve, debido a un fallo en los fusibles o al calentamiento excesivo de éstos.

• **Conexión de cables:** La conexión de cables se realiza por la parte frontal, mediante unos pasatapas estándar.

• **Enclavamientos:** Los enclavamientos incluidos en todas las celdas CGM pretenden que:

- No se pueda conectar el seccionador de puesta a tierra con el aparato principal cerrado y, recíprocamente, no se pueda cerrar el aparato principal si el seccionador de puesta a tierra está conectado.
- No se pueda quitar la tapa frontal si el seccionador de puesta a tierra está abierto y, a la inversa, no se pueda abrir el seccionador de puesta a tierra cuando la tapa frontal ha sido extraída.

• **Características eléctricas:** Las características generales de las celdas CGM son las siguientes:

- Tensión nominal (Kv) = 24
- Onda de Choque (Kv)
  - Entre fase y Tierra = 125
  - Distancia de seccionamiento = 145
- Frecuencia industrial 1 minuto (Kv)
  - Entre fase y Tierra = 50
  - Distancia de seccionamiento = 60

En la descripción de cada celda se incluyen los valores propios correspondientes a las intensidades nominales, térmicas y dinámicas.

#### **1.10.8.4. Características descriptivas de las celdas y transformadores de media tensión.**

##### Entrada /Salida 1: Interruptor seccionador: (CGM-CML)

Celda con envolvente metálica fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de  $U_n=24\text{KV}$  e  $I_n=400\text{ A}$  y 365 mm de ancho por 735 mm de fondo por 1740 mm de alto y 95 kg de peso.

La celda CML de interruptor seccionador, o celda de línea, está constituida por un módulo metálico, con aislamiento y corte en SF<sub>6</sub>, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detención de tensión en los cables de acometida.

Permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de media tensión.

Otras características constructivas:

- Mecanismo de maniobra interruptor: manual tipo B

- Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 kV
- Intensidad asignada: 400 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento
  - Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 28 kV
  - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 75 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte

- Corriente principalmente activa: 400 A
- Capacidad de ruptura:
  - Corriente principalmente activa 400 A
  - Corriente capacitiva 31.5 A
  - Corriente inductiva 16 A
  - Falta a tierra 63 A

Entrada /Salida 2: Interruptor seccionador: (CGM-CML)

Constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos ekorVPIS para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS.

Celda con envolvente metálica fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de  $U_n=24\text{KV}$  e  $I_n=400\text{ A}$  y 365 mm de ancho por 735 mm de fondo por 1740 mm de alto y 95 kg de peso.

Otras características constructivas:

- Mecanismo de maniobra interruptor: manual tipo B
- Características eléctricas:
  - Tensión asignada: 24 kV
  - Intensidad asignada: 400 A
  - Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
  - Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
  - Nivel de aislamiento
    - Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 28 kV
    - Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 75 kV
  - Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
  - Capacidad de corte
    - Corriente principalmente activa: 400 A

- Capacidad de ruptura:

Corriente principalmente activa 400 A

Corriente capacitiva 31.5 A

Corriente inductiva 16 A

Falta a tierra 63 A

Protección General: Celda de protección con fusibles: (CGM – CMP – F -24)

Celda con envolvente metálica, prefabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo UN=24 KV e  $I_N = 400$  A y 470 mm de ancho por 735 mm de fondo por 1740 mm de alto y 140 Kg de peso.

La celda CGMCOSMOS-P de protección con fusibles, está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables, y en serie con él, un conjunto de fusibles fríos, combinados o asociados a ese interruptor. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar una de alarma sonora de prevención de puesta a tierra ekorSAS, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra. Al introducir la palanca en esta posición, un sonido indica que puede realizarse un cortocircuito o un cero en la red si se efectúa la maniobra.

Otras características constructivas:

- Mando posición con fusibles: manual tipo BR
- Combinación interruptor-fusibles: combinados
- Relé de protección: ekorRPT-201<sup>a</sup>

- Características eléctricas:

- Tensión asignada: 24 kV
- Intensidad asignada en el embarrado: 400 A
- Intensidad asignada en la derivación: 200 A
- Intensidad fusibles: 3x63 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento



- |  |        |
|--|--------|
| Frecuencia industrial (1 min)<br>a tierra y entre fases: | 50 kV  |
| Impulso tipo rayo<br>a tierra y entre fases (cresta):    | 125 kV |
| · Capacidad de cierre (cresta):                          | 40 kA  |
| · Capacidad de corte                                     |        |
| Corriente principalmente activa:                         | 400 A  |
- Capacidad de ruptura:
    - Corriente principalmente activa 400 A
    - Corriente capacitiva 31.5 A
    - Corriente inductiva 16 A
    - Falta a tierra 63 A
  - Intensidad de cortocircuito: 16KA/20KA
  - Capacidad de cierre: 40 KA
  - Fusibles: 3x40 A

Medida: Celda de medida: (CGM – CMM)

Celda con envolvente metálica, fabricada por ORMAZABAL, formada por un módulo de  $U_n=24$  KV y 800 mm de ancho por 1025 mm de fondo por 1740 mm de alto y 165 kg de peso.

La celda CMM de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas empresas suministradoras de electricidad.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de la misma para garantizar la no manipulación de las conexiones.

La celda de medida contiene:

- 2 juegos de barras tripolar  $I_n = 400$  A
- 3 transformadores de intensidad de relación 15-30/5 A Clase 0.5, aislamiento 24 KV

- 3 transformadores de tensión, bipolares de relación 13200-22000/110, Clase 0.5, aislamiento 24 KV
- Embarrado de puesta a tierra.

Transformador 1: Transformador éster biodegradable 24 kV

Transformador trifásico reductor de tensión, construido según las normas citadas anteriormente, de marca COTRADIS, con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 kVA y refrigeración natural éster biodegradable, de tensión primaria 13,2 - 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2).

- Otras características constructivas:
  - Regulación en el primario: +2.5%, +5%, +7.5%, +10%
  - Tensión de cortocircuito (Ecc): 4%
  - Grupo de conexión: DYN11
  - Protección incorporada al transformador: Sin protección propia

EQUIPO BASE:

- Pasatapas de media tensión de porcelana.
- Pasatapas de baja tensión de porcelana.
- Conmutador de regulación maniobrable sin tensión.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado.
- Orificio de llenado.
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras.
- 4 ruedas bidireccionales.
- 2 tomas de puesta a tierra.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DEL TRANSFORMADOR:

Potencia en KVA	630
Tensión Primario	13,2/20
Tension Secundario en vacío	420
Grupo de Conexión	Dyn 11
Perdidas en Vacío (W)	750
Perdidas en Carga (W)	4600
Tensión de Cortocircuito (%)	4
Caída de Tensión a Plena carga (%)	1,22
Rendimiento (%)	98,7

DIMENSIONES DEL TRANSFORMADOR

Potencia (KVA)	630
Largo (mm)	1600
Ancho (mm)	1004
Alto (mm)	1041
Volumen líquido aislante	330

En cuanto a las medidas de seguridad a tomar, se colocarán rótulos indicadores, extintores, equipos para primeros auxilios, etc., de conformidad con las Normas del Reglamento de Centros de Transformación en vigor.

#### **1.10.8.5. Cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación:**

##### **ENTRADA:**

Sección del cable: 3x1,5/1,5+1,5TT mm<sup>2</sup> Cu

- Interruptor automático magnetotérmico C60N, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 10 A
  - Poder de corte: 15 KA
  - N° de polos: III+N
  - Curva D
- 
- Interruptor automático diferencial Bloque Vigi C60, marca Merlin Gerin (Schneider).

Características principales:

- Calibre: 10 A
- Sensibilidad: 30 mA
- N° de polos: 4P

#### **1.10.9. Instalación de Puesta a Tierra**

##### **Tierra de Protección:**

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las celdas prefabricadas, cubas de los transformadores, envolventes metálicas de los cuadros de baja tensión...

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra quedan indicados en el documento cálculos; optando finalmente por un sistema de picas en rectángulo de 7x3m, cuyo código de identificación es 50-30/8/84 de UNESA.

##### **Tierra de Servicio:**

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Los cálculos realizados para la elección de la puesta a tierra queda indicados en el documento de cálculo; optando finalmente por un sistema de 3 picas en hilera separadas 3 metros, cuyo código de identificación es 5/32 de UNESA.

#### Tierra de Pararrayos:

Debe instalarse un pararrayos de Punta Franklin lo más recto posible al suelo evitando así curvas u obstáculos.

La distancia de cebado para un rayo de 10KA es de 46,41 m según el grupo de trabajo de CIGRE.

Los pararrayos punta Franklin vienen de una o cuatro puntas y son elementos de protección. Su función es captar los rayos (descargas atmosféricas) para llevar la energía del mismo a tierra en forma segura y confiable sin afectar la edificación y/o construcción protegida.

#### **1.10.10. Instancias:**

Las celdas de media tensión en este proyecto, están constituidas por aparatos de fabricación en serie, y cumplen con lo indicado por el Ministerio de Industria, de acuerdo con la orden 11-1971.

#### **1.10.11. Aparatos de media tensión:**

Todos los aparatos que se proyectan colocar están previstos para una tensión nominal de 20 KV, con lo que cumplen las prescripciones del Reglamento.

#### **1.10.12. Aislamiento:**

Todos los elementos que se utilizan en el montaje de la instalación de alta tensión, estarán diseñados según la técnica de aislamiento pleno.

Siendo 20 KV, el valor eficaz de la tensión nominal de servicio y de 24 KV, el valor eficaz de la tensión mas elevada de la red entre fases, deberán soportar sin fallo alguno los siguientes ensayos:

- 125 KV (cresta) tensión de ensayo soportada al choque con onda 1,2/50 µseg
- 50 KV (valor eficaz) tensión soportada durante un minuto a 50 Hz.

#### **1.10.13. Instalaciones secundarias en el centro de transformación:**

##### **• Alumbrado:**

En el interior del centro de transformación se instalarán 2 lámparas TMS022 1XTLD58W HFS+GMS022R , capaz de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo.

La luminaria estará dispuesta de tal forma que mantenga la misma uniformidad posible en la iluminación. Además se deberá poder efectuar la sustitución de las lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se instalará también un punto de luz de alumbrado de emergencia de carácter autónomo, Luminaria Legrand Serie C3 6W 61510-G5 (100 lumenes), no permanentes con señalización, el cual señalará el acceso peatonal al centro de transformación.

• Tomas de corriente:

Se colocará una toma de corriente monofásica de tres enchufes siguiendo el modelo utilizado en todo el proyecto.

• Ventilación:

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural por convención mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto.

Se dispondrá de una rejilla lateral inferior para entrada de aire de  $2,022 \text{ m}^2$ , y una rejilla situada en la parte superior de superficie  $2,20 \text{ m}^2$  para la salida de aire.

Estas rejillas estarán protegidas mediante una tela metálica con el fin de impedir el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentados con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

• Elementos y medidas de seguridad:

Como requerimiento de seguridad para trabajos en el interior de celdas, los interruptores instalados cumplen por si solos en cuanto a distancias de seccionamiento, ya que su tensión de cebado entre polos abiertos se halla conforme la exigencia de la norma UNE 20.099.

Las celdas estarán separadas eléctricamente y mecánicamente por medio de placas metálicas y por el propio carácter aislante del interruptor seccionador, lo que asegura la independencia entre ellas y evitan la posible propagación de defecto entre celdas contiguas.

El centro estará dotado con el siguiente equipamiento auxiliar:

- Banqueta aislante
- Cuadro de primeros auxilios
- Un par de guantes aislantes
- Placa de peligro y cartel de primeros auxilios para guía en caso de accidente eléctrico (cinco reglas de oro).

### **1.11 RESUMEN DEL PRESUPUESTO:**

El presupuesto total asciende a la cantidad de **quinientos venticuatro mil trescientos ventitrés euros con ochenta céntimos**.



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN”

## CÁLCULOS

Sergio Berges Viniegra

Tutor: Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Marzo 2013

**ÍNDICE:****2. Cálculos**

<b>2.1 CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS:</b>	<b>5</b>
2.1.1 Introducción	5
2.1.2 Cálculo de iluminación de la nave	5
2.1.3 Cálculo de iluminación exterior	7
2.1.4 Cálculo de iluminación de emergencia	7
<b>2.2 CÁLCULOS DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA</b>	<b>8</b>
2.2.1 Método de cálculo	8
2.2.2 Tabla resumen de las intensidades de los cuadros	8
2.2.2.1 Cuadro secundario I	8
2.2.2.2 Cuadro secundario II	8
2.2.2.3 Cuadro secundario III	9
2.2.2.4 Cuadro secundario IV (oficinas)	9
2.2.2.5 Cuadro secundario V (alumb 1)	10
2.2.2.6 Cuadro secundario VI (alumb 2)	11
2.2.2.7 Cuadro general de distribución	11
2.2.3 Cálculo de la potencia del transformador	12
<b>2.3 CÁLCULOS DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN</b>	<b>12</b>
2.3.1 Introducción	12
2.3.2 Acometida	13
2.3.3 Cuadro general de distribución y cuadros auxiliares	14
2.3.3.1 Cuadro general de distribución	15
2.3.3.2 Cuadro secundario I	15
2.3.3.3 Cuadro secundario II	15
2.3.3.4 Cuadro secundario III	16
2.3.3.5 Cuadro secundario IV (oficinas)	16
2.3.3.6 Cuadro secundario V (alumb 1)	17
2.3.3.7 Cuadro secundario VI (alumb 2)	17
2.3.4 Interpretación de las tablas anteriores	18



2.4 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	18
2.4.1 Introducción	18
2.4.2 Procedimiento de cálculo	18
2.4.3 Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro del transformador	18
2.4.4 Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el cuadro general de distribución	19
2.4.5 Cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cuadros auxiliares	20
2.4.5.1 Interpretación de las tablas	20
2.4.5.2 Cuadro secundario I	20
2.4.5.3 Cuadro secundario II	21
2.4.5.4 Cuadro secundario III	21
2.4.5.5 Cuadro secundario IV (oficinas)	21
2.4.5.6 Cuadro secundario V (alumb 1)	22
2.4.5.7 Cuadro secundario VI (alumb 2)	22
2.4.5.8 Cuadro general de alimentación	22
2.5 CÁLCULO DE LOS CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA	23
2.5.1 Batería de condensadores para la instalación	23
2.5.1.1 Cuadro secundario I	23
2.5.1.2 Cuadro secundario II	23
2.5.1.3 Cuadro secundario III	23
2.5.1.4 Cuadro secundario IV (oficinas)	24
2.5.1.5 Cuadro secundario V (alumb 1)	24
2.5.1.6 Cuadro secundario VI (alumb 2)	25
2.5.1.7 Cuadro auxiliar del centro de transformación	25
2.5.2 Cálculo del conductor de unión de la batería	26
2.5.3. Cálculo de la protección de la batería	26
2.6 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA	27
2.6.1 Investigación del terreno	27
2.6.2 Cálculo de la resistencia de tierra	27

2.6.3 Sección del cable de tierra y conductor de protección	28
2.6.4 Punto de puesta a tierra	28
<b>2.7 CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	<b>28</b>
2.7.1 Intensidad en alta tensión	28
2.7.2 Intensidad en baja tensión	29
2.7.3 Cortocircuitos	29
2.7.3.1 Introducción	29
2.7.3.2 Corrientes de cortocircuito	29
2.7.3.3 Conexión celdas - transformador	30
2.7.3.4 Conexión del secundario del transformador al cuadro BT	30
2.7.4 Otras instalaciones del centro	30
2.7.4.1 Iluminación	30
2.7.4.2 Luminarias de emergencia y señalización	31
2.7.4.3 Cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación	31
2.7.4.4 Dimensionamiento de los cables del cuadro auxiliar de baja tensión del centro de transformación	31
2.7.5 Dimensionamiento de la ventilación del centro de transformación	31
2.7.6 Dimensiones del pozo apagafuegos	32
2.7.7 Cálculo de la instalación de puesta a tierra	33
2.7.7.1 Introducción	33
2.7.7.2 Tierra de protección	33
2.7.7.3 Tierra de servicio	34
2.7.7.4 Resistencia de la tierra de protección	35
2.7.7.5 Resistencia de la tierra de servicio	36
2.7.7.6 Tensiones en el exterior de la instalación	36
2.7.7.7 Tensiones en el interior de la instalación	36
2.7.7.8 Tensiones aplicadas	36
2.7.7.9 Tensiones transferidas al exterior	37
2.7.7.10 Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación	38
2.7.7.11 Corrección y ajuste si procede	38

## **2.1 CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS:**

### **2.1.1 Introducción:**

A continuación se realizará el cálculo de la iluminación interior usando el programa Dialux. Introduciendo en el programa las dimensiones de cada dependencia, el nivel de iluminancia (en luxes) y el tipo de luminarias y lámparas adecuadas para cada una, éste nos dará el número de luminarias y lámparas que se deben poner, así como su distribución y su consumo. Las hojas de cálculo que resultan del programa se encuentran en el anexo.

### **2.1.2 Cálculo de la iluminación de las Nave (zona producción / almacén + oficinas)**

Para llevar a cabo el cálculo de la iluminación interior de la nave y la parte de oficinas deberá cumplir la normativa respecto a iluminación en lugares de Trabajo establecida por el *Real Decreto de 1997 Disposición Seguridad y Salud en el Lugar de Trabajo*.

El cual el Anexo IV dice:

- 1) La iluminación de una zona o lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se realice en ella teniendo en cuenta:
  1. Los riesgos y seguridad de los trabajadores teniendo en cuenta las condiciones de visibilidad.
  2. Las exigencias visuales de las tareas que se desarrollan
- 2) Siempre que sea posible se tendrá iluminación natural que se complementará con iluminación artificial, si la primera no garantiza los mínimos de visibilidad. Se realizará una iluminación artificial general complementada con iluminación localizada en zonas que requieran iluminaciones elevadas.
- 3) Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo vienen definidos a continuación:

Zonas donde se ejecutan tareas con:

- a) Bajas exigencias visuales ----- 100 luxes (mínimo)
- b) Exigencias visuales moderadas ----- 200 luxes (mínimos)
- c) Exigencias visuales altas ----- 500 luxes (mínimos)
- d) Exigencias visuales muy altas ----- 1000 luxes (mínimos)
- Áreas o locales de uso ocasional ----- 50 luxes (mínimos)
- Áreas o locales de uso habitual ----- 100 luxes (mínimos)
- Vías de circulación de uso ocasional ----- 25 luxes
- Vías de circulación de uso habitual ----- 50 luxes

El nivel de iluminación de una zona donde se ejecute una tarea se hará a la altura a la que esta se realice. Zonas de trabajo 1m (0,85cm) del suelo y vías circulación a rás del suelo.

Estos niveles de iluminación mínimos deberán duplicarse en los siguientes casos:

- Áreas o locales de uso general y las vías de circulación si existen riesgos de accidentes, choques o caídas.
- En las zonas de realización de las tareas, si una baja iluminación puede ocasionar peligro para el trabajador o terceros.
- Si el contraste entre las luminarias y el objeto a visualizar es muy escaso.

4) Además la iluminación deberá cumplir:

- La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- Mantener unos niveles de iluminación de acuerdo con las exigencias visuales.
- Evitando siempre los deslumbramientos directos e indirectos.
- Evitar usar luminarias que perjudiquen la percepción de los contrastes.

5) Los lugares de trabajo en los que un fallo del alumbrado normal pueda ser peligroso, contarán además alumbrado de emergencia y señalización.

6) Los sistemas de alumbrado escogidos no pueden ocasionar riesgo de incendio o explosión, cumpliendo la normativa vigente.

Por lo tanto, siguiendo la normativa, estableceré un mínimo de 250 luxes en la zona de producción y almacén.

	<b>LUMINARIA (PHILIPS)</b>
Zona Producción - Trabajo	HPK150 1XHPI-P400W-BU SGR
Zona Almacén	HPK150 1XHPI-P400W-BU SGR
Granceadora	HPK150 1XHPI-P400W-BU SGR
Taller Mantenimiento	HPK150 1XHPI-P400W-BU SGR
Compresor y Equipo en Frío	HPK150 1XHPI-P400W-BU SGR
Oficina Encargado	TBS318 H1L 2xTL5 - 49w HFP C6
Vestíbulo	TBS324 2xTL-D36w HFP C5 GT
Oficinas	TBS318 H1L 2xTL5 - 49w HFP C6
Dirección	TBS318 H1L 2xTL5 - 49w HFP C6
Lab de Diseño y Calidad	TBS318 H1L 2xTL5 - 49w HFP C6
Vestuario 1	TBS324 2xTL-D36w HFP C5 GT
Vestuario 2	TBS324 2xTL-D36w HFP C5 GT
Pasillo	TBS324 2xTL-D36w HFP C5 GT
Centro de Transformación	TMS022 1xTL-D58W HFS+GMS022 R

Las luminarias se han obtenido del catálogo Philips.

### 2.1.3 Cálculo de la iluminación exterior:

Para la iluminación exterior no se ha usado el programa Dialux, se han elegido unas luminarias indicadas para exterior y se han colocado a lo largo de las paredes exteriores de las naves para proporcionar visibilidad suficiente durante la noche.

Se han colocado a lo largo de todo el perímetro. Es decir, la nave tiene 4 paredes. De 118x59m de largo y ancho tiene la nave.

Se ha elegido la luminaria PHILIPS SGS253 CDM-TT150W K 230V II OR GB GR ST. Con una separación de 7,866 m entre lámpara y lámpara.

	Nº de Luminarias	Potencia Total (W)
EXTERIOR	45	6750

### 2.1.4 Cálculo de la iluminación de emergencia.

El cálculo del alumbrado de emergencia se realiza para obtener una iluminación media de 5 lumen/m<sup>2</sup> en toda la nave, de manera que en caso de que el alumbrado general falle, se mantenga un nivel de iluminación que permita evacuar la nave por las rutas marcadas.

La colocación del alumbrado de emergencia se situará justo encima de los marcos de las puertas o similar, a una altura de 2,3 m respecto del suelo en el área de oficinas, dirección, vestuarios, vestíbulo y aseos.

En los locales con grandes alturas: zona de producción y trabajo, el almacén y el taller de mantenimiento, se colocarán a una altura de 3,5 metros respecto del suelo.

Las luminarias de emergencia elegidas se consideran luminarias autónomas, no permanentes con señalización y son de la marca LEGRAND. Utilizamos cuatro modelos de 635, 315, 160 y 100 lúmenes dependiendo de la zona a iluminar.

	Superficie	Iluminación	Flujo Necesario	Luminaria	Nº Luminarias	Potencia Total
Zona Producción - Trabajo	2835,17	5 lum/m <sup>2</sup>	14176	LEGRAND B65 61585 6w – 635 lm	22	132
Zona Almacén	3481	5 lum/m <sup>2</sup>	17405	LEGRAND B65 61585 6w – 635 lm	28	168
Granceadora	223,58	5 lum/m <sup>2</sup>	1117,9	LEGRAND B65 61563 6w - 315 lm	4	24
Taller Mantenimiento	144,2	5 lum/m <sup>2</sup>	721	LEGRAND B65 61563 6w - 315 lm	3	18
Compresor y Equipo en Frío	72	5 lum/m <sup>2</sup>	360	LEGRAND B65 61563 6w - 315 lm	2	12
Oficina Encargado	17,6	5 lum/m <sup>2</sup>	88	LEGRAND B65 61512 6w - 160 lm	1	6
Vestíbulo	44	5 lum/m <sup>2</sup>	220	LEGRAND B65 61512 6w - 160 lm	2	12
Oficinas	42,35	5 lum/m <sup>2</sup>	211,75	LEGRAND B65 61512 6w - 160 lm	2	12
Dirección	30,25	5 lum/m <sup>2</sup>	151,25	LEGRAND B65 61512 6w - 160 lm	1	6
Lab de Diseño y Calidad	49	5 lum/m <sup>2</sup>	245	LEGRAND B65 61512 6w - 160 lm	2	12
Vestuario 1	34,1	5 lum/m <sup>2</sup>	170,5	LEGRAND B65 61510 6w - 100 lm	2	12
Vestuario 2	35,75	5 lum/m <sup>2</sup>	178,75	LEGRAND B65 61510 6w - 100 lm	2	12
Pasillo	25	5 lum/m <sup>2</sup>	125	LEGRAND B65 61510 6w - 100 lm	2	12
Centro de Transformación	14,47	5 lum/m <sup>2</sup>	72,35	LEGRAND B65 61510 6w - 100 lm	1	6

## 2.2 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE LÍNEA:

### 2.2.1 Método de cálculo:

El proceso a seguir para el cálculo de las intensidades de línea es el citado y explicado en el apartado correspondiente de la memoria.

### 2.2.2 Tablas resúmenes de las intensidades de los cuadros:

#### 2.2.2.1 Cuadro Secundario I

Contiene los elementos de protección de las líneas de alimentación a las inyectoras, las tomas de corriente situadas en este sector, la granceadora y los puestos de Montaje y Soldadura. Todas las maquinas y las TC son trifásicas.

Línea	Elemento	Potencia	Tensión	Cos $\phi$	In	Fc	Ical
C1.L1	Inyectora 1	1000	400	0,9	1,60	1	1,60
C1.L2	Inyectora 2	1000	400	0,9	1,60	1	1,60
C1.L3	Inyectora 3	1000	400	0,9	1,60	1	1,60
C1.L4	Inyectora 4	1000	400	0,9	1,60	1	1,60
C1.L5	Inyectora 5	1000	400	0,9	1,60	1	1,60
C1.L6	Inyectora 6	1000	400	0,9	1,60	1	1,60
C1.L7	Puesto soldadura	5000	400	0,65	11,10	1	11,10
C1.T1	T.C. Cuadro 1	2025	400	1	2,92	1	2,92
C1.T2	T.C. Cuadro General	2025	400	1	2,92	1	2,92
C1.T3	T.C Soldadura	2025	400	1	2,92	1	2,92
<b>C1</b>	<b>Total</b>	<b>17072</b>			<b>29,46</b>		<b>29,46</b>
<b>Factor de simultaneidad = 0,9</b>		<b>15365</b>			<b>26,51</b>		<b>26,51</b>

#### 2.2.2.2 Cuadro Secundario II

Protege el taller de mantenimiento, las líneas que alimentan la granceadora, el compresor, el equipo de frío y las tomas de corriente de los mismos.

Línea	Elemento	Potencia	Tensión	Cos $\phi$	In	Fc	Ical	Fase
C2.L1	Compresor	20000	400	0,8	36,08	1	36,08	Trifásica
C2.L2	Equipo en Frío	4000	400	0,8	7,22	1	7,22	Trifásica
C2.L3	Granceadora	30000	400	0,8	54,13	1,25	67,663	Trifásica
C2.T4	T.C. Compresor (Trifásica)	2025	400	1	2,92	1	2,92	Trifásica
C2.T5	T.C Compresor (monofásica)	517,5	230	1	2,25	1	2,25	R/N
C2.T6	T.C Manten. (Trifásico)	2025	400	1	2,92	1	2,92	Trifásica
C2.T7	T.C Granceadora (trifásica)	2025	400	1	2,92	1	2,92	Trifásica
C2.T8	T.C 1 Manten. (Monofásico)	517,5	230	1	2,25	1	2,25	S/N
C2.T9	T.C 2 Mant (monofásico)	517,5	230	1	2,25	1	2,25	T/N
<b>C2</b>	<b>Total</b>	<b>61625</b>			<b>112,94</b>		<b>126,47</b>	
<b>Factor de simultaneidad = 0,9</b>		<b>55462</b>			<b>101,6</b>		<b>113,83</b>	

**2.2.2.3 Cuadro Secundario III**

Protege dos líneas de montaje con extrusoras, picadoras, volteadoras, sierras, arrastres y una toma de corriente. Todas son máquinas trifásicas

Línea	Elemento	Potencia	Tensión	Cos $\varphi$	In	Fc	Ical
C3.L1	Extrusora 1	30000	400	0,87	49,77	1	49,77
C3.L2	Extrusora 2	30000	400	0,87	49,77	1	49,77
C3.L3	Picadora 1	7500	400	0,8	13,53	1,25	16,91
C3.L4	Picadora 2	7500	400	0,8	13,53	1,25	16,91
C3.L5	Arrastre 1	5000	400	0,8	9,02	1,25	11,28
C3.L6	Arrastre 2	5000	400	0,8	9,02	1,25	11,28
C3.L7	Sierra + Volteadora 1	7500	400	0,8	13,53	1,25	16,91
C3.L8	Sierra + Volteadora 2	7500	400	0,8	13,53	1,25	16,91
C3.T1	T.C: Extrusoras	2025	400	1	2,92	1	2,92
<b>C3</b>	<b>Total</b>	<b>102024</b>			<b>174,62</b>		<b>192,66</b>
<b>Factor de simultaneidad = 0,9</b>		<b>91821,6</b>			<b>157,16</b>		<b>173,39</b>

**2.2.2.4 Cuadro Secundario IV (cuadro oficinas)**

Protege todo el alumbrado de la zona de oficinas y sus tomas de corriente.

Línea	Elemento	Potencia	Tensión	Cos $\varphi$	In	Fc	Ical	Fase
C4.L1	Luminarias Vestíbulo (12 luminarias)	864	230	0,95	3,95	1,8	7,12	F1 - R/N
C4.L2	Luminarias Dirección (15 luminarias)	1620	230	0,95	7,41	1,8	13,35	F2 - S/N
C4.L3	Luminarias Oficinas (20 luminarias)	2160	230	0,95	9,89	1,8	17,79	F3 - T/N
C4.L4	Luminarias Laboratorio Calidad (18 luminarias)	1944	230	0,95	8,90	1,8	16,01	F1 - R/N
C4.L5	Luminarias Vestuario 1 (9 luminarias)	648	230	0,95	2,97	1,8	5,34	F2 - S/N
C4.L6	Luminarias Vestuario 2 (9 luminarias)	648	230	0,95	2,97	1,8	5,34	F3 - T/N
C4.L7	Luminarias Pasillo (6 luminarias)	432	230	0,95	1,98	1,8	3,56	F1 - R/N
C4.L8	Luminarias Oficina Encargado (4 luminarias)	432	230	0,95	1,98	1,8	3,56	F2 - S/N
C4.L9	Luminarias Emergencia zona Oficinas (14 luminarias)	84	230	0,95	0,38	1,8	0,69	F3 - T/N
C4.T01.A	T.C Dirección (monofásica)	1035	230	1	4,50	1	4,50	F1 - R/N
C4.T01.B	T.C Dirección (ordenadores)	1500	230	1	6,52	1	6,52	F2 - S/N
C4.T02.A	T.C Laboratorio Calidad (monofásica)	1035	230	1	4,50	1	4,50	F3 - T/N
C4.T02.B	T.C Laboratorio Calidad (ordenadores)	1500	230	1	6,52	1	6,52	F1 - R/N
C4.T03	T.C Vestuarios 1 y 2 (monofásica)	2070	230	1	9,00	1	9,00	F2 - S/N
C4.T04.A	T.C Ofic. Encargado (monofásica)	1035	230	1	4,50	1	4,50	F3 - T/N
C4.T04.B	T.C Ofic. Encargado (ordenadores)	750	230	1	3,26	1	3,26	F1 - R/N
C4.T05.A	T.C Oficinas (monofásicas)	1035	230	1	4,50	1	4,50	F2 - S/N
C4.T05.B	T.C Oficinas (ordenadores)	1500	230	1	6,52	1	6,52	F3 - T/N
<b>C4</b>	<b>Total</b>	<b>20292</b>			<b>90,247</b>		<b>122,6</b>	
<b>Fsimult=0,9</b>		<b>18263</b>			<b>81,222</b>		<b>110,3</b>	

**2.2.2.5 Cuadro Secundario V (alumbrado zona producción)**

Todo el alumbrado de la zona de producción y trabajo, el alumbrado de la Granceadora y el taller de mantenimiento, alumbrado de emergencia de la parte de producción y además de la iluminación exterior de la nave.

Línea	Elemento	Potencia	Tensión	Cos $\phi$	In	Fc	Ical	Fase
Calumb I. L1	Alumbrado zona Producción 1 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,27	F1 - R/N
Calumb I. L2	Alumbrado zona Producción 1 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,27	F2 - S/N
Calumb I. L3	Alumbrado zona Producción 1 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,27	F3 - T/N
Calumb I. L4	Alumbrado zona Producción 2 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,27	F1 - R/N
Calumb I. L5	Alumbrado zona Producción 2 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,27	F2 - S/N
Calumb I. L6	Alumbrado zona Producción 2 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,27	F3 - T/N
Calumb I. L7	Alumbrado zona Producción 3 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,27	F1 - R/N
	Alumbrado zona Producción 3 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,27	F2 - S/N
Calumb I. L8	Alumbrado zona Producción 3 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,27	F3 - T/N
Calumb I. L9	Alumbrado Emergencia Producción (10 luminarias)	60	230	0,95	0,275	1,8	0,494	F1 - R/N
Calumb I. L11	Alumbrado Emergencia Producción (10 luminarias)	60	230	0,95	0,275	1,8	0,494	F2 - S/N
Calumb I. L12	Al Emer Granceadora (4 lum) + Al Emer Producción (2 lum) + Al Emer Compresor (2 lum) + Al Emer Mant (3 lum)	66	230	0,95	0,302	1,8	0,544	F3 - T/N
Calumb I. L13.A	Luminaria Exterior 1	2250	230	0,95	10,297	1,8	18,54	F1 - R/N
Calumb I. L13.B	Luminaria Exterior 2	2250	230	0,95	10,297	1,8	18,54	F2 - S/N
Calumb I. L13.C	Luminaria Exterior 3	2250	230	0,95	10,297	1,8	18,54	F3 - T/N
<b>C5 (alumbrado I)</b>	<b>Total</b>	<b>33774</b>			<b>154,57</b>		<b>278,2</b>	
<b>F simult = 0,9</b>		<b>30397</b>			<b>139,11</b>		<b>249.5</b>	



**2.2.2.6 Cuadro Secundario VI (alumbrado zona almacén)**

Todo el alumbrado de la zona de almacén, alumbrado de emergencia de la parte de almacén y las Tomas de Corriente de esa zona.

Línea	Elemento	Potencia	Tensión	Cos $\phi$	In	Fc	Ical	Fase
C alumb II . L1	Alumbrado zona Amacén 4 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,57	F1 - R/N
C alumb II . L2	Alumbrado zona Amacén 4 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,57	F2 - S/N
C alumb II . L3	Alumbrado zona Amacén 4 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,57	F3 - T/N
C alumb II . L4	Alumbrado zona Amacén 5 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,57	F1 - R/N
C alumb II . L5	Alumbrado zona Amacén 5 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,57	F2 - S/N
C alumb II . L6	Alumbrado zona Amacén 5 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,57	F3 - T/N
C alumb II . L7	Alumbrado zona Amacén 6 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,57	F1 - R/N
C alumb II . L8	Alumbrado zona Amacén 6 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,57	F2 - S/N
C alumb II . L9	Alumbrado zona Amacén 6 (7 luminarias)	2982	230	0,95	13,648	1,8	24,57	F3 - T/N
C alumb II . L10	Alumbrado Emergencia Almacén 1 (9 luminarias)	54	230	0,95	0,2471	1,8	0,445	F1 - R/N
C alumb II . L11	Alumbrado Emergencia Almacén 2 (9 luminarias)	54	230	0,95	0,2471	1,8	0,445	F2 - S/N
C alumb II . L12	Alumbrado Emergencia Almacén 3 (10 luminarias)	60	230	0,95	0,2746	1,8	0,494	F3 - T/N
C alumb II. T11	T.C Almacén I (monofásica)	517,5	230	1	2,25	1	2,25	F1 - R/N
C alumb II. T12	T.C Almacén II (monofásica)	517,5	230	1	2,25	1	2,25	F2 - S/N
C alumb II. T13	T.C Almacén III (monofásica)	517,5	230	1	2,25	1	2,25	F3 - T/N
C alumb II. T14	T.C Almacén (trifásica)	2024	400	1	2,92	1	2,92	Trifásica
<b>C6 (alumbrado II)</b>	<b>Total</b>	<b>30583</b>			<b>133,27</b>		<b>232,1</b>	
<b>F simult = 0,9</b>		<b>27524</b>			<b>119,94</b>		<b>208,9</b>	

**2.2.2.7 Cuadro General de Distribución:**

Línea	Descripción	Potencia	Tensión	In	Ical
C1	Cuadro I	15365	400	26,51	26,51
C2	Cuadro II	55462	400	101,65	113,83
C3	Cuadro III	91822	400	157,16	173,39
C4 (oficinas)	Cuadro IV (oficinas)	18263	400	81,22	110,33
C5 (alumbrado 1)	Cuadro V (alumbrado 1)	30397	400	139,11	249,8
C6 (alumbrado 2)	Cuadro VI (alumbrado 2)	27524	400	119,94	208,93
<b>Total</b>		<b>238832</b>	<b>400</b>	<b>625,60</b>	<b>882,79</b>

**NOTA: POTENCIA PREVISTA PARA LAS TOMAS DE CORRIENTE:**

Para tomas de corriente, se limita la potencia que consuman mediante el magnetotérmico. Así, podemos colocar tomas de corriente por toda la nave, limitando su consumo de corriente a lo que nosotros deseemos, en este caso a 100 A.

Para tomas de corriente monofásica, se considera una potencia prevista por toma de 3450W, con un factor de simultaneidad de 0,2 y factor de utilización de 0,25.

Para poder alimentar las tomas con una línea trifásica equilibrada, situamos tres enchufes monofásicos.

Así la potencia total será de:  $3 \times 3450 \times 0,2 \times 0,25 = 517,5W$  (monofásicos)

Para tomas de corriente trifásica, se considera una potencia prevista por toma de 5400W, con un factor de simultaneidad de 0,5 y factor de utilización de 0,75.

Así, la potencia total será de:  $5400 \times 0.5 \times 0.75 = 2025W$  (trifásico)

### 2.2.3 Cálculo de la potencia del transformador

Tras el cálculo de la potencia e intensidades, que demandará la empresa, se ha visto que para estas necesidades de consumo y de utilización el transformador más adecuado es uno de 500 KVA ya que proporciona una intensidad de:

$$I = \frac{Sn}{3 \cdot V} = \frac{630kVA}{\sqrt{3} \cdot 400v} = 909.33A$$

De esta forma la instalación de la nave queda abastecida, ya que la demanda es de 625,6A. Debo usar este CT (630 KVA), ya que el de 400 KVA (el inmediatamente anterior en KVA, 400KVA) dará una  $I = 577,35A$  que no es suficiente para abastecer toda la potencia de la nave.

## 2.3 CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSIÓN:

### 2.3.1 Introducción:

Siguiendo el proceso de cálculo descrito en la memoria, y una vez conocida la intensidad nominal, se calculará:

- $F_c$ : factor de corrección, que depende de la temperatura del tipo de canalización y del número de conductores que se alojan en la misma.
- $I_{adm}$ : es la intensidad resultante del cociente de  $I_{cal}$  entre  $F_c$ .

Una vez hecho esto, hay que ir al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en la tabla correspondiente se elige la sección que corresponda a la Intensidad máxima admisible.

Además se calculará la sección por el método de caída de tensión, con el fin de elegir un conductor que cumpla con la normativa (la cdt debe ser menor del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para los demás usos), según la ITC- BT-19.

La sección por caída de tensión se calculará del siguiente modo, dependiendo del tipo de red que tengamos:

Monofásica:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

Trifásica:

$$S = \frac{3 \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C}$$

*Dónde:*

- *U: Caída de tensión en voltios.*
- *L: Longitud de la línea en metros.*
- *I<sub>n</sub>: Intensidad nominal de la línea en amperios.*
- *Cos φ: Factor de potencia.*
- *C: Conductividad del material conductor (Cobre)*
- *S: Sección del cable mm<sup>2</sup>.*

### 2.3.2 Acometida Baja Tensión. C.G.D

Es la línea que une el CT con el cuadro general de distribución. Transporta toda la corriente de la instalación y está diseñada para ampliar en un 30 % la carga de la misma, o para poder aprovechar el transformador al 100%.

Como se ha calculado anteriormente, esta línea se dimensionará para una corriente de 909.33 A. La longitud desde el centro de transformación hasta el cuadro general es de 50 metros.

Se designan 3 conductores por fase, por lo que la corriente que lleve cada conductor será un tercio de la total.

La línea será subterránea a una profundidad de 0.7 metros. Así mismo, también se debe aplicar un factor de corrección de 0.8 ya que se instalarán tres ternas de conductores unipolares dispuestos en triángulo.

- $I_n = 909.33 \text{ A}$
- $I = 909.33 / 3 = 303.11 \text{ A}$
- $I' = 303.11 / 0.8 = 378.89 \text{ A}$

Atendiendo a lo establecido en la tabla 5 de la ITC - 07, en la columna de cable tripolar con aislamiento de XLPE, la intensidad admisible es 400 A y la sección 150 mm<sup>2</sup>.

La caída de tensión será, con esa sección:

$$cdt = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I_n \cdot \cos \varphi}{U \cdot C} = \frac{\sqrt{3} \cdot 50 \cdot 909.33 \cdot 0.9}{150 \cdot 3 \cdot 56} = 2.8125 \text{ v}$$

$$cdt\% = \frac{cdt \cdot 100}{400} = 0,7031\%$$

Donde:

$$L = 50 \text{ m}$$

$$I_n = 909.33 \text{ A}$$

$$S = 150 \times 3 \text{ mm}^2 \text{ (fase)}$$

$$C = 56 \text{ (Cu)}$$

$$\cos \varphi = 0,9 \text{ (Según Iberdrola)}$$

La distribución de la corriente del centro de transformación al cuadro general de distribución se hará mediante nueve conductores unipolares de cobre de  $150 \text{ mm}^2$  de sección. Siendo para cada una de las fases tres de ellos.

Para el neutro se utilizarán tres conductores de  $70 \text{ mm}^2$  de sección cada uno, con aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), según dicta la tabla 7.1 de la ITC-BT-07.

El diámetro del tubo de la acometida será de 180 mm, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia al aplastamiento 450 N. Tal y como corresponde según la tabla 21.8 y 21.9 del ITC-BT-21 que establece los tubos y canales protectores. En este caso concreto será tubo enterrado.

### 2.3.3 Cuadro general de distribución y cuadros auxiliares

Para el caso del cuadro general de distribución y sus respectivos cuadros auxiliares se realizará a través de bandeja portacables de malla de acero galvanizado, de 400 mm de ancho y 60 mm de alto. Se llevará canalizado desde el CGD hasta los diferentes cuadros secundarios de la nave. Cuando las líneas lleguen a donde están los cuadros auxiliares, se bajarán mediante bandejas portacables de 150 mm de ancho y 60 mm de alto para las máquinas y en tubo metálico para las toma de corriente y el alumbrado.

Esta bandeja irá rodeando las diferentes zonas de la empresa, a una altura de 4 metros.

Para el caso de dos cables unipolares, como dicta la instrucción ITC-BT-07, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, pero multiplicada por 1,225.

**2.3.3.1 Cuadro General de Distribución**

Línea	In	Ical	Fc	Iadm	Longitud	Canalización	S. termico	S. cdt	S(mm2)	Neutro	Conductor de proteccion	Sección	Diametro tubo
C1	26,51	26,5	0,8	33,14	22,035	Montaje Superficial	2,5	1,15	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C2	101,65	114	0,8	142,29	76,52	Montaje Superficial	50	11,42	50	25	25	3x50/25 +25 TT	50
C3	157,16	173	0,8	216,74	67,25	Montaje Superficial	95	15,92	95	50	25	3x95/50 +25 TT	75
C4 (oficinas)	80,11	110	0,8	136,95	72,4	Empotrado en Obra	50	20,17	50	25	25	3x50/25 +25 TT	50
C5 (alumb 1)	139,29	251	0,8	313,40	56,16	Montaje Superficial	150	96,17	150	70	35	3x150/70 +35 TT	75
C6 (alumb 2)	119,94	209	0,8	261,16	114,82	Montaje Superficial	120	74,93	120	70	35	3x120/70 +35 TT	75

**2.3.3.2 Cuadro Secundario I**

Línea	In	Ical	Fc	Iadm	Longitud	Canalización	S. termico	S. cdt	S(mm2)	Neutro	Conductor de proteccion	Sección	Diametro tubo
C1.L1	1,60	1,60	0,8	2,00	1,85	Montaje Superficial	1,5	0,01	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C1.L2	1,60	1,60	0,8	2,00	12,31	Montaje Superficial	1,5	0,06	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C1.L3	1,60	1,60	0,8	2,00	8,00	Montaje Superficial	1,5	0,04	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C1.L4	1,60	1,60	0,8	2,00	18,45	Montaje Superficial	1,5	0,09	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C1.L5	1,60	1,60	0,8	2,00	14,00	Montaje Superficial	1,5	0,07	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C1.L6	1,60	1,60	0,8	2,00	24,45	Montaje Superficial	1,5	0,12	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C1.L7	11,10	11,10	0,8	13,88	44,30	Montaje Superficial	1,5	1,51	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C1.T1	2,92	2,92	0,8	3,65	1,50	Tubo Grapado	1,5	0,01	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C1.T2	1,60	1,60	0,8	2,00	23,35	Tubo Grapado	1,5	0,13	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C1.T3	1,60	1,60	0,8	2,00	45,00	Tubo Grapado	1,5	0,25	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20

**2.3.3.3 Cuadro Secundario II**

Línea	In	Ical	Fc	Iadm	Longitud	Canalización	S. termico	S. cdt	S(mm2)	Neutro	Conductor de proteccion	Sección	Diametro tubo
C2.L1	36,08	36,1	0,8	45,10	4	Montaje Superficial	10	1,04	10	10	10	3x10/10 +10 TT	32
C2.L2	7,22	7,22	0,8	9,03	10	Montaje Superficial	1,5	0,52	6	6	6	3x6/6 +6 TT	25
C2.L3	54,13	67,7	0,8	84,58	30	Montaje Superficial	25	14,67	25	16	16	3x25/16 +16 TT	40
C2.T4	2,92	2,92	0,8	3,65	3	Tubo Grapado	1,5	0,08	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C2.T5	2,25	2,25	0,8	2,81	3	Tubo Grapado	1,5	0,06	2,5	2,5	2,5	R 2x2,5 +2,5 TT	20
C2.T6	2,92	2,92	0,8	3,65	21	Tubo Grapado	1,5	0,55	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C2.T7	2,92	2,92	0,8	3,65	31	Tubo Grapado	1,5	0,82	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C2.T8	2,25	2,25	0,8	2,81	21	Tubo Grapado	1,5	0,43	2,5	2,5	2,5	S 2x2,5 + 2,5 TT	20
C2.T9	2,25	2,25	0,8	2,81	21	Tubo Grapado	1,5	0,43	2,5	2,5	2,5	T 2x2,5 + 2,5 TT	20

## 2.3.3.4 Cuadro Secundario III

Línea	In	Ical	Fc	Iadm	Longitud	Canalización	S. termico	S. cdt	S(mm2)	Neutro	Conductor de proteccion	Sección	Diametro tubo
C3.L1	49,77	49,8	0,8	62,21	14	Montaje Superficial	16	4,80	16	10	16	3x16/10 +16 TT	32
C3.L2	49,77	49,8	0,8	62,21	6,8	Montaje Superficial	16	2,33	16	10	16	3x16/10 +16 TT	32
C3.L3	13,53	16,9	0,8	21,14	24,5	Montaje Superficial	2,5	2,85	4	4	4	3x4/4 +4 TT	25
C3.L4	13,53	16,9	0,8	21,14	19,5	Montaje Superficial	2,5	2,27	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C3.L5	9,02	11,3	0,8	14,10	27,6	Montaje Superficial	1,5	2,14	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C3.L6	9,02	11,3	0,8	14,10	22,7	Montaje Superficial	1,5	1,76	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 +2,5 TT	20
C3.L7	13,53	16,9	0,8	21,14	33,6	Montaje Superficial	2,5	3,91	4	4	4	3x4/4 +4 TT	25
C3.L8	13,53	16,9	0,8	21,14	28,5	Montaje Superficial	2,5	3,32	4	4	4	3x4/4 +4 TT	25
C3.T10	2,92	2,92	0,8	3,65	2	Tubo Grapado	1,5	0,04	16	10	16	3x16/10 +16 TT	32

## 2.3.3.5 Cuadro Secundario IV (oficinas)

Línea	In	Ical	Fc	Iadm	Longitud	Canalización	S. termico	S. cdt	S(mm2)	Neutro	Conductor de proteccion	Sección	Diametro tubo
C4.L1. F1	3,95	7,11	0,9	7,90	7	Empotrado	1,5	0,42	1,5	1,5	1,5	R 2x1,5 + 1,5 TT	16
C4.L2. F2	7,41	13,3	0,9	14,82	10	Empotrado	1,5	1,13	1,5	1,5	1,5	S 2x1,5 + 1,5 TT	16
C4.L3. F3	9,89	17,8	0,9	19,78	14,85	Empotrado	1,5	2,24	2,5	2,5	2,5	T 2x2,5 + 2,5 TT	20
C4.L4. F1	8,9	16	0,9	17,80	12	Empotrado	1,5	1,63	2,5	2,5	2,5	R 2x2,5 + 2,5 TT	20
C4.L5. F2	2,97	5,35	0,9	5,94	19	Empotrado	1,5	0,86	1,5	1,5	1,5	S 2x1,5 + 1,5 TT	16
C4.L6. F3	2,97	5,35	0,9	5,94	16,8	Empotrado	1,5	0,76	1,5	1,5	1,5	T 2x1,5 + 1,5 TT	16
C4.L7. F1	1,98	3,56	0,9	3,96	18,7	Empotrado	1,5	0,57	1,5	1,5	1,5	R 2x1,5 + 1,5 TT	16
C4.L8. F2	1,98	3,56	0,9	3,96	23,6	Empotrado	1,5	0,71	1,5	1,5	1,5	S 2x1,5 + 1,5 TT	16
C4.L9. F3	0,38	0,68	0,9	0,76	30	Empotrado	1,5	0,17	1,5	1,5	1,5	T 2x1,5 + 1,5 TT	16
C4. T01.A. F1	4,50	4,5	0,9	5,00	8,4	Empotrado	1,5	0,58	2,5	2,5	2,5	R 2x2,5 + 2,5 TT	20
C4. T01.B. F2	6,52	6,52	0,9	7,24	8,4	Empotrado	1,5	0,84	2,5	2,5	2,5	S 2x2,5 + 2,5 TT	20
C4. T02.A. F3	4,50	4,5	0,9	5,00	15,2	Empotrado	1,5	1,05	2,5	2,5	2,5	T 2x2,5 + 2,5 TT	20
C4. T02.B. F1	6,52	6,52	0,9	7,24	15,2	Empotrado	1,5	1,51	2,5	2,5	2,5	R 2x2,5 + 2,5 TT	20
C4. T03. F2	9,00	9	0,9	10,00	21,4	Empotrado	1,5	2,94	4	4	4	S 2x4 + 4 TT	20
C4. T04.A. F3	4,50	4,5	0,9	5,00	31,2	Empotrado	1,5	2,15	2,5	2,5	2,5	T 2x2,5 + 2,5 TT	20
C4. T04.B. F1	3,26	3,26	0,9	3,62	31,2	Empotrado	1,5	1,55	2,5	2,5	2,5	R 2x2,5 + 2,5 TT	20
C4. T05.A. F2	4,50	4,5	0,9	5,00	19,5	Empotrado	1,5	1,34	2,5	2,5	2,5	S 2x2,5 + 2,5 TT	20
C4. T05.B. F3	6,52	6,52	0,9	7,24	19,5	Empotrado	1,5	1,94	2,5	2,5	2,5	T 2x2,5 + 2,5 TT	20

**2.3.3.6 Cuadro Secundario V (alumbrado 1)**

Linea	In	Ical	Fc	Iadm	Longitud	Canalización	S. termico	S. cdt	S(mm2)	Neutro	Conductor de proteccion	Sección	Diametro tubo
C5.L1. F1	13,65	24,57	0,9	27,30	52,8	Tubo Grapado	4	2,66	4	4	4	R 2 x 4 + 4TT	20
C5.L2. F2	13,65	24,57	0,9	27,30	75	Tubo Grapado	4	3,78	4	4	4	S 2 x 4 + 4TT	20
C5.L3. F3	13,65	24,57	0,9	27,30	97,8	Tubo Grapado	6	4,93	6	6	6	T 2 x 6 + 6TT	20
C5.L4. F1	13,65	24,57	0,9	27,30	50,3	Tubo Grapado	4	2,54	4	4	4	R 2 x 4 + 4TT	20
C5.L5. F2	13,65	24,57	0,9	27,30	59,3	Tubo Grapado	4	2,99	4	4	4	S 2 x 4 + 4TT	20
C5.L6. F3	13,65	24,57	0,9	27,30	68,3	Tubo Grapado	4	3,44	4	4	4	T 2 x 4 + 4TT	20
C5.L7. F1	13,65	24,57	0,9	27,30	112,25	Tubo Grapado	6	5,66	6	6	6	R 2 x 6 + 6TT	20
C5.L8. F2	13,65	24,57	0,9	27,30	143,35	Tubo Grapado	10	7,22	10	10	10	S 2 x 10 + 10TT	25
C5.L9. F3	13,65	24,57	0,9	27,30	165,3	Tubo Grapado	10	8,33	10	10	10	T 2 x 10 + 10TT	25
C5.L11. F2	0,275	0,50	0,9	0,55	105,25	Tubo Grapado	1,5	0,11	1,5	1,5	1,5	S 2x1,5 + 1,5 TT	16
C5.L12. F3	0,302	0,54	0,9	0,60	190,45	Tubo Grapado	1,5	0,21	1,5	1,5	1,5	T 2x1,5 + 1,5 TT	16
C5.L13. A. F1	10,3	18,53	0,9	20,59	180	Tubo Grapado	1,5	6,84	10	10	10	R 2x10 + 10 TT	25
C5.L13. A. F2	10,3	18,53	0,9	20,59	180	Tubo Grapado	1,5	6,84	10	10	10	S 2x10 + 10 TT	25
C5.L13. A. F3	10,3	18,53	0,9	20,59	180	Tubo Grapado	1,5	6,84	10	10	10	T 2x10 + 10 TT	25

**2.3.3.7 Cuadro Secundario VI (alumbrado 2)**

Linea	In	Ical	Fc	Iadm	Longitud	Canalización	S. termico	S. cdt	S(mm2)	Neutro	Conductor de proteccion	Sección	Diametro tubo
C6. L1. F1	13,65	24,6	0,9	27,30	82,21	Tubo Grapado	16	6,66	10	10	10	R 2x10 + 10TT	25
C6. L2. F2	13,65	24,6	0,9	27,30	76,36	Tubo Grapado	16	6,19	10	10	10	S 2x10 + 10TT	25
C6. L3. F3	13,65	24,6	0,9	27,30	69,8	Tubo Grapado	16	5,66	6	6	6	T 2x6 + 6TT	20
C6. L4. F1	13,65	24,6	0,9	27,30	67,5	Tubo Grapado	1,5	5,47	6	6	6	R 2x6 + 6TT	20
C6. L5. F2	13,65	24,6	0,9	27,30	72,8	Tubo Grapado	1,5	5,90	6	6	6	S 2x6 + 6TT	20
C6. L6. F3	13,65	24,6	0,9	27,30	79,8	Tubo Grapado	1,5	6,47	10	10	10	T 2x10 + 10TT	25
C6. L7. F1	13,65	24,6	0,9	27,30	86,4	Tubo Grapado	1,5	7,00	10	10	10	R 2x10 + 10TT	25
C6. L8. F2	13,65	24,6	0,9	27,30	93	Tubo Grapado	1,5	7,54	10	10	10	S 2x10 + 10TT	25
C6. L9. F3	13,65	24,6	0,9	27,30	99,5	Tubo Grapado	1,5	8,06	10	10	10	T 2x10 + 10TT	25
C6. L10. F1	0,247	0,45	0,9	0,49	179,91	Tubo Grapado	1,5	0,26	1,5	1,5	1,5	R 2x1,5 + 1,5TT	16
C6. L11. F2	0,247	0,45	0,9	0,49	179,91	Tubo Grapado	1,5	0,26	1,5	1,5	1,5	S 2x1,5 + 1,5TT	16
C6. L12. F3	0,275	0,49	0,9	0,55	179,91	Tubo Grapado	1,5	0,29	1,5	1,5	1,5	T 2x1,5 + 1,5TT	16
C6. T11. F1	2,25	2,25	0,9	2,50	24,9	Tubo Grapado	1,5	0,33	2,5	2,5	2,5	R 2x2,5 + 2,5 TT	20
C6. T12. F2	2,25	2,25	0,9	2,50	49,5	Tubo Grapado	1,5	0,66	2,5	2,5	2,5	S 2x2,5 + 2,5 TT	20
C6. T13. F3	2,25	2,25	0,9	2,50	73,4	Tubo Grapado	1,5	0,98	2,5	2,5	2,5	T 2x2,5 + 2,5 TT	20
C6. T14	2,92	2,92	0,9	3,24	49,5	Tubo Grapado	1,5	0,86	2,5	2,5	2,5	3x2,5/2,5 + 2,5TT	20

NOTA: El RBT nos dice que unicamente es adecuado usar cables de 1,5 mm<sup>2</sup> en alumbrado, en los demás usos (maquinas, tomas de corriente) usará como mínimo los cables de sección 2,5mm<sup>2</sup>, se han realizado las modificaciones pertinentes para que cumpla esto.

Algunas secciones han sido modificadas ya que a la hora de calcular la Iccmin no se cumplía que t<sub>micc</sub>>0.1 seg.

Si es 3x... se trató de un sistema trifásico. Si esta la letra de la Fase antes del diametro del cable se trata de un sistema monofásico alimentado por dicha fase.

### 2.3.4. Interpretación de las tablas anteriores

A continuación se explican las abreviaturas de las tablas anteriores:

- Línea= designación de la línea eléctrica a la que hace referencia.
- Inom= intensidad nominal de la línea en amperios.
- Ical= intensidad resultante de multiplicar Inom por un factor de corrección que depende del tipo de receptor.
- Fc= factor de corrección, que depende de la temperatura, del tipo de canalización y del número de conductores que se alojan en la misma
- Iadm= es la intensidad resultante del cociente de Ical entre Fc.
- L= longitud de la línea en metros.
- Canalización= Tipo de canalización por la que se distribuye la línea.
- S= sección del cable en mm<sup>2</sup>.
- Tubo = Diámetro exterior mínimo del tubo que aloja los cables y se calcula según el número y sección de los cables a conducir.

## 2.4 CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO:

### 2.4.1 Introducción:

El cálculo de las corrientes de cortocircuito tiene como objeto determinar el poder de corte de la aparatada de protección en los puntos considerados. Estos puntos serán las entradas a los cuadros de distribución y en los diferentes aparatos de protección de los que consta la instalación.

El poder de corte deberá ser igual o superior a la corriente de cortocircuito (Icc).

### 2.4.2 Método de cálculo.

En el proceso de cálculo de las intensidades de cortocircuito se seguirá el método de las impedancias descrito en la memoria del presente proyecto.

### 2.4.3 Cálculo de la Icc en el 2ario del transformador

Primeramente se calculará la impedancia aguas arriba del transformador. La potencia de cortocircuito proporcionada por la red según la compañía suministradora (IBERDROLA), es  $P_{cc} = 500 \text{ MVA}$ .

Si despreciamos la resistencia R frente a la reactancia X, se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba del transformador.

$$Z_a = X = \frac{U_s^2}{P_{cc}} = \frac{13200^2}{500 \cdot 10^6} = 0,3485 j \Omega$$



Donde:

- $U_{s2}$ : Tensión de vacío del secundario en voltios.
- $P_{cc}$ : Potencia de cortocircuito en KVA.
- $Z, X$ : Impedancia o reactancia aguas arriba en milis.

Pero este valor está referido a MT. Para pasarlo a BT se lleva a cabo lo siguiente:

$$Z = 0,3485 \cdot \left( \frac{400}{13200} \right)^2 = 0,32 \text{mj } \Omega$$

En segundo lugar, se calcula la impedancia del transformador, para ello se considera despreciable la aparamenta de alta tensión. Además se desprecia la resistencia del transformador frente a la impedancia.

$$Z = X = U_{cc} \cdot \left( \frac{U^2}{S_n} \right) = \left( \frac{4}{100} \right) \cdot \left( \frac{400^2}{630 \cdot 10^3} \right) = 10.158 \text{mj } \Omega$$

Donde:

- $U$ : tensión en vacío entre fases en voltios
- $U_{cc}$ : tensión de cortocircuito en % (4%).
- $S_n$ : potencia aparente en KVA (630KVA)
- $Z, X$ : impedancia o reactancia al secundario en  $\text{m}\Omega$

Así pues ya se puede calcular la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador:

$$Z_d = 0,32 \text{m} + 10.158 \text{m} = 10.48 \text{mj } \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{\sqrt{3} \cdot Z_d} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10.48} = 22.038 \text{ KAefic}$$

Donde:

- $I_{cc}$ : corriente de cortocircuito eficaz en KA
- $U_s$ : tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.
- $Z_T$ : impedancia total por fase de la red aguas arriba del defecto en milis.

#### 2.4.4 Cálculo de la Icc en el CGD:

Se parte de los datos obtenidos en el secundario del transformador en los que tenemos una impedancia  $Z_T = 10,48 \text{jm } \Omega$  inductiva.

Una vez hecho esto se calculan los valores de la resistencia, la reactancia y la impedancia, desde la acometida hasta el Cuadro General de Distribución de la empresa:

- 30 metros de acometida, formada por 3 fases de 3 x 150 mm<sup>2</sup>.

$$R_L = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,01724 \cdot 30}{3 \cdot 150} = 1.14933 \text{ m}\Omega$$

- $X'_A = 10.158 \text{ m}\Omega$
- $X_T = 0,32 \text{ m}\Omega$
- $X_{AUT} = (0,15m \cdot 3) = 0,45 \text{ m}\Omega$
- $Z_D = R_L + (X'_A + X_T + X_{AUT})j$
- $|Z_D| = 10,98 \text{ m}\Omega$

$$I_{cc} = \frac{U_s}{Z_D \cdot \sqrt{3}} = \frac{400}{10,98 \cdot \sqrt{3}} = 21.015 \text{ KA efic}$$

## 2.4.5 Cálculo de la Icc en cuadros auxiliares

### 2.4.5.1 Interpretación de las tablas:

A continuación se explican abreviaturas de las tablas que se describen a continuación:

Línea: designación de la línea eléctrica a la que hace referencia.

L(m): longitud en metros desde el cuadro hasta el circuito que se alimenta.

S(mm): sección en milímetros del cable por el que pasa la corriente, desde el cuadro hasta alcanzar el circuito.

V(V): tensión nominal de la línea en voltios

Zd: impedancia directa en m  $\Omega$

Zo: impedancia homopolar en m $\Omega$

Iccmax: es la corriente de cortocircuito máxima en KA

Iccmin: es la corriente de cortocircuito mínima en KA

Tccmin: tiempo de desconexión para cada Iccmin (seg)

Curva: es el tiempo de disparo del interruptor.

### 2.4.5.2 Cuadro Secundario I

Cuadro I	L(m)	S(mm2)	V(V)	Zd(Iccmax)	I2Zd+ZOI	Iccmax	PdC	Iccmin	tmicc (>0,1)	In	Curva seleccionada
L1	1,85	2,5	400	0,159	0,921	1453,20	10	714,77	0,270	2	C
L2	12,31	2,5	400	0,159	1,638	1453,20	10	401,93	0,853	2	C
L3	8,00	2,5	400	0,159	1,342	1453,20	10	490,47	0,573	2	C
L4	18,45	2,5	400	0,159	2,058	1453,20	10	319,75	1,347	2	C
L5	14,00	2,5	400	0,159	1,753	1453,20	10	375,42	0,977	2	C
L6	24,45	2,5	400	0,159	2,470	1453,20	10	266,50	1,940	2	C
L7	44,30	2,5	400	0,159	3,831	1453,20	10	171,82	4,666	12	D
T1	1,50	2,5	400	0,159	0,897	1453,20	10	733,87	0,256	3	C
T2	23,35	2,5	400	0,159	2,394	1453,20	10	274,89	1,823	3	C
T3	45,00	2,5	400	0,159	3,879	1453,20	10	169,69	4,784	3	C

**2.4.5.3 Cuadro Secundario II**

Cuadro II	L(m)	S(mm <sup>2</sup> )	V(V)	Zd(Iccmax)	I <sub>2</sub> Zd+Z0I	Iccmax	PdC	Iccmin	tmicc (>0,1)	In	Curva seleccionada
L1	4	10	400	0,031	0,212	7571,08	10	3104,62	0,229	40	C
L2	10	6	400	0,031	0,429	7571,08	10	1534,22	0,337	10	C
L3	30	25	400	0,031	0,349	7571,08	10	1885,9	3,871	80	C
T4	3	2,5	400	0,031	0,349	7571,08	10	1885,9	0,039	3	C
T5. F1	3	2,5	230	0,031	0,349	4353,37	10	1885,9	0,039	3	C
T6	21	2,5	400	0,031	1,583	7571,08	10	415,893	0,796	3	C
T7	31	2,5	400	0,031	2,268	7571,08	10	290,173	1,636	3	C
T8. F2	21	2,5	230	0,031	1,583	4353,37	10	415,893	0,796	3	C
T9. F3	21	2,5	230	0,031	1,583	4353,37	10	415,893	0,796	3	C

**2.4.5.4 Cuadro Secundario III**

Cuadro III	L(m)	S(mm <sup>2</sup> )	V(V)	Zd(Iccmax)	I <sub>2</sub> Zd+Z0I	Iccmax	PdC	Iccmin	tmicc (>0,1)	In	Curva seleccionada
L1	14	16	400	0,018	0,220	12830	15	2991,72	0,632	50	C
L2	6,8	16	400	0,018	0,144	12830	15	4570,69	0,269	50	C
L3	24,5	4	400	0,018	1,119	12830	15	588,078	1,020	20	C
L4	19,5	2,5	400	0,018	1,406	12830	15	468,023	0,629	20	C
L5	27,6	2,5	400	0,018	1,962	12830	15	335,520	1,224	16	C
L6	22,7	2,5	400	0,018	1,626	12830	15	404,860	0,840	16	C
L7	33,6	4	400	0,018	1,509	12830	15	436,129	1,854	20	C
L8	28,5	4	400	0,018	1,291	12830	15	509,980	1,356	20	C
T10	2	16	400	0,018	0,093	12830	15	7077,20	0,114	3	C

**2.4.5.5 Cuadro Secundario IV**

Cuadro IV	L(m)	S(mm <sup>2</sup> )	V(V)	Zd(Iccmax)	I <sub>2</sub> Zd+Z0I	Iccmax	PdC	Iccmin	tmicc (>0,1)	In	Curva seleccionada
L1. F1	7	1,5	230	0,03	0,94	4916,99	10	703,68	0,11	10	C
L2. F2	10	1,5	230	0,03	1,28	4916,99	10	514,96	0,19	16	C
L3. F3	14,85	2,5	230	0,03	1,15	4916,99	10	570,56	0,42	20	C
L4. F1	12	2,5	230	0,03	0,96	4916,99	10	686,90	0,29	20	D
L5. F2	19	1,5	230	0,03	2,31	4916,99	10	285,35	0,61	6	D
L6. F3	16,8	1,5	230	0,03	2,06	4916,99	10	320,26	0,48	6	D
L7. F1	18,7	1,5	230	0,03	2,27	4916,99	10	289,65	0,59	4	C
L8. F2	23,6	1,5	230	0,03	2,83	4916,99	10	232,39	0,92	4	C
L9. F3	19,15	1,5	230	0,03	2,32	4916,99	10	283,24	0,62	1	C
T01.A. F1	8,4	2,5	230	0,03	0,71	4916,99	10	925,15	0,16	6	C
T01.B. F2	8,4	2,5	230	0,03	0,71	4916,99	10	925,15	0,16	10	D
T02.A. F3	15,2	2,5	230	0,03	1,18	4916,99	10	558,94	0,44	6	D
T02.B. F1	15,2	2,5	230	0,03	1,18	4916,99	10	558,94	0,44	10	D
T03. F2	21,4	2,5	230	0,03	1,60	4916,99	10	410,69	0,82	10	C
T04.A. F3	31,2	2,5	230	0,03	2,27	4916,99	10	289,36	1,65	6	C
T04.B. F1	31,2	2,5	230	0,03	2,27	4916,99	10	289,36	1,65	4	C
T05.A. F2	19,5	2,5	230	0,03	1,47	4916,99	10	447,02	0,69	6	C
T05.B. F3	19,5	2,5	230	0,03	1,47	4916,99	10	447,02	0,69	10	C

## 2.4.5.6 Cuadro Secundario V

Cuadro V (alumb 1)	L(m)	S(mm2)	V(V)	Zd(lccmax)	I2Zd+Z0I	Iccmax	PdC	Iccmin	tmicc (>0,1)	In	Curva seleccionada
L1. F1	52,8	4	230	0,015	2,312	9059,225	10	284,655	4,352	25	D
L2. F2	75	4	230	0,015	3,263	9059,225	10	201,680	8,670	25	D
L3. F3	97,8	6	230	0,015	2,844	9059,225	10	231,465	10,35	25	D
L4. F1	50,3	4	230	0,015	2,205	9059,225	10	298,483	3,958	25	D
L5. F2	59,3	4	230	0,015	2,591	9059,225	10	254,053	5,464	25	D
L6. F3	68,3	4	230	0,015	2,976	9059,225	10	221,135	7,211	25	D
L7. F1	112,25	6	230	0,015	3,256	9059,225	10	202,122	8,45	25	D
L8. F2	143,35	10	230	0,015	2,507	9059,225	10	262,565	9,73	25	D
L9. F3	165,3	10	230	0,013	2,873	9875,017	10	229,068	11,2	25	D
L10. F1	80,35	1,5	230	0,013	9,222	9875,017	10	71,369	9,736	1	C
L11. F2	105,25	1,5	230	0,013	12,068	9875,017	10	54,540	16,67	1	C
L12. F3	190,45	1,5	230	0,013	21,805	9875,017	10	30,185	54,43	1	C
L13.A. F1	180	10	230	0,013	3,125	9875,017	10	210,600	49,68	20	D
L13.B. F2	180	10	230	0,013	3,125	9875,017	10	210,600	49,68	20	D
L13.C. F3	180	10	230	0,013	3,125	9875,017	10	210,600	49,68	20	D

## 2.4.5.7 Cuadro Secundario VI

Cuadro VI (alumb 2)	L(m)	S(mm2)	V(V)	Zd(lccmax)	I2Zd+Z0I	Iccmax	PdC	Iccmin	tmicc (>0,1)	In	Curva seleccionada
L1. F1	82,21	10	230	0,02	1,50	6246,11	10	438,42	11,47	25	D
L2. F2	76,36	10	230	0,02	1,40	6246,11	10	469,78	9,99	25	D
L3. F3	69,80	6	230	0,02	2,09	6246,11	10	315,52	7,97	25	D
L4. F1	67,50	6	230	0,02	2,02	6246,11	10	325,78	7,48	25	D
L5. F2	72,80	6	230	0,02	2,17	6246,11	10	303,07	8,64	25	D
L6. F3	79,80	6	230	0,02	2,37	6246,11	10	277,52	10,30	25	D
L7. F1	86,40	6	230	0,02	2,56	6246,11	10	257,08	12,01	25	D
L8. F2	93,00	6	230	0,02	2,75	6246,11	10	239,45	13,84	25	D
L9. F3	99,50	6	230	0,02	2,93	6246,11	10	224,30	15,77	25	D
L10. F1	179,91	1,5	230	0,02	20,65	6246,11	10	31,87	48,83	1	C
L11. F2	179,91	1,5	230	0,02	20,65	6246,11	10	31,87	48,83	1	C
L12. F3	179,91	1,5	230	0,02	20,65	6246,11	10	31,87	48,83	1	C
T11. F1	24,90	2,5	230	0,02	1,80	6246,11	10	365,81	1,03	3	C
T12. F2	49,50	2,5	230	0,02	3,49	6246,11	10	188,82	3,86	3	C
T13. F3	73,40	2,5	230	0,02	5,12	6246,11	10	128,44	8,35	3	C
T14	49,50	2,5	230	0,02	3,49	10862,80	10	188,82	3,86	3	C

## 2.4.5.7 Cuadro General de Alimentación

Cuadro General	L(m)	S(mm2)	V(V)	Zd(lccmax)	I2Zd+Z0I	Iccmax	PdC	Iccmin	tmicc (>0,1)	In	Curva seleccionada
C1	22,035	2,5	400	0,0017	1,52	8551,29	25	432,946	0,735	32	C
C2	76,52	50	400	0,0017	0,28	8551,29	25	2392,57	9,625	125	C
C3	67,25	95	400	0,0017	0,14	8551,29	25	4753,07	8,805	250	C
C4	72,4	50	400	0,0017	0,26	8551,29	25	2519,86	8,678	125	D
C5 (alumbrado 1)	56,16	150	400	0,0017	0,09	8551,29	25	7551,97	8,695	250	D
C6 (alumbrado 2)	114,82	120	400	0,0017	0,18	8551,29	25	3674,76	23,5	250	D

## **2.5 CÁLCULO DE LOS CONDENSADORES PARA LA CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA:**

### **2.5.1 Batería de condensadores para la instalación:**

Calculo la potencia aparente de cada circuito y la total para hallar el  $\cos \varphi$  medio.

#### **2.5.1.1 Cuadro Secundario I**

<b>Línea</b>	<b>Elemento</b>	<b>Potencia</b>	<b>Cos phi</b>	<b>S(VA)</b>
C1.L1	Inyectora 1	1000	0,9	1111,11
C1.L2	Inyectora 2	1000	0,9	1111,11
C1.L3	Inyectora 3	1000	0,9	1111,11
C1.L4	Inyectora 4	1000	0,9	1111,11
C1.L5	Inyectora 5	1000	0,9	1111,11
C1.L6	Inyectora 6	1000	0,9	1111,11
C1.L7	Soldadura	5000	0,65	7692,31
C1.T1	TC Cuadro 1	2025	1	2025,00
C1.T2	TC Cuadro General	2025	1	2025,00
C1.T3	TC Soldadura	2025	1	2025,00
<b>Total</b>		<b>17075</b>		<b>20433,97</b>

#### **2.5.1.2 Cuadro Secundario II**

<b>Línea</b>	<b>Elemento</b>	<b>Potencia</b>	<b>Cos phi</b>	<b>S(VA)</b>
C2.L1	Compresor	20000	0,8	25000
C2.L2	Equipo en Frío	4000	0,8	5000
C2.L3	Granceadora	30000	0,8	37500
C2.T4	T.C. Compresor (Trifásica)	2025	1	2025
C2.T5	T.C Compresor (monofásica)	517,5	1	517,5
C2.T6	T.C Manten. (Trifásico)	2025	1	2025
C2.T7	T.C Granceadora (Trifásica)	2025	1	2025
C2.T8	T.C 1 Manten. (Monofásico)	517,5	1	517,5
C2.T9	T.C 2 Mant (monofásico)	517,5	1	517,5
<b>Total</b>		<b>61627,5</b>		<b>75127,5</b>

#### **2.5.1.3 Cuadro Secundario III**

<b>Línea</b>	<b>Elemento</b>	<b>Potencia</b>	<b>Cos phi</b>	<b>S(VA)</b>
C3.L1	Extrusora 1	30000	0,87	34482,76
C3.L2	Extrusora 2	30000	0,87	34482,76
C3.L3	Picadora 1	7500	0,8	9375,00
C3.L4	Picadora 2	7500	0,8	9375,00
C3.L5	Arrastre 1	5000	0,8	6250,00
C3.L6	Arrastre 2	5000	0,8	6250,00
C3.L7	Sierra + Volteadora 1	7500	0,8	9375,00
C3.L8	Sierra + Volteadora 2	7500	0,8	9375,00
C3.T10	T.C: Extrusoras	2025	1	2025,00
<b>Total</b>		<b>102025</b>		<b>120990,52</b>

**2.5.1.4 Cuadro Secundario IV**

<b>Línea</b>	<b>Elemento</b>	<b>Potencia</b>	<b>Cos phi</b>	<b>S(VA)</b>
C4.L1	Luminarias Vestíbulo (12 luminarias)	864	0,95	909,47
C4.L2	Luminarias Dirección (15 luminarias)	1620	0,95	1705,26
C4.L3	Luminarias Oficinas (20 luminarias)	2160	0,95	2273,68
C4.L4	Luminarias Lab Calidad (18 luminarias)	1944	0,95	2046,32
C4.L5	Luminarias Vestuario 1 (9 luminarias)	648	0,95	682,11
C4.L6	Luminarias Vestuario 2 (9 luminarias)	648	0,95	682,11
C4.L7	Luminarias Pasillo (6 luminarias)	432	0,95	454,74
C4.L8	Luminarias Oficina Encargado (4 luminarias)	432	0,95	454,74
C4.L9	Lum Emerg Oficinas (20 luminarias)	84	0,95	88,42
C4.T01.A	T.C Dirección (Monofásica)	1035	1	1035,00
C4.T01.B	T.C Dirección (Ordenadores)	1500	1	1500,00
C4.T02.A	T.C Lab Calidad (Monofásica)	1035	1	1035,00
C4.T02.B	T.C Lab Calidad (Ordenadores)	1500	1	1500,00
C4.T03	T.C Vestuarios 1 y 2 (Monofásica)	2070	1	2070,00
C4.T04.A	T.C Oficina Encarg (Monofásica)	1035	1	1035,00
C4.T04.B	T.C Oficina Encarg (Ordenadores)	750	1	750,00
C4.T05.A	T.C Oficinas (Monofásica)	1035	1	1035,00
C4.T05.B	T.C Oficinas (Ordenadores)	1500	1	1500,00
<b>Total</b>		<b>20292</b>		<b>20756,84</b>

**2.5.1.5 Cuadro Secundario V**

<b>Línea</b>	<b>Elemento</b>	<b>Potencia</b>	<b>Cos phi</b>	<b>S(VA)</b>
Calumb I. L1	Alumbrado zona Producción 1 (7 luminarias)	2982	0,95	3138,95
Calumb I. L2	Alumbrado zona Producción 1 (7 luminarias)	2982	0,95	3138,95
Calumb I. L3	Alumbrado zona Producción 1 (7 luminarias)	2982	0,95	3138,95
Calumb I. L4	Alumbrado zona Producción 2 (7 luminarias)	2982	0,95	3138,95
Calumb I. L5	Alumbrado zona Producción 2 (7 luminarias)	2982	0,95	3138,95
Calumb I. L6	Alumbrado zona Producción 2 (7 luminarias)	2982	0,95	3138,95
Calumb I. L7	Alumbrado zona Producción 3 (7 luminarias)	2982	0,95	3138,95
Calumb I. L8	Alumbrado zona Producción 3 (7 luminarias)	2982	0,95	3138,95
Calumb I. L9	Alumbrado zona Producción 3 (7 luminarias)	2982	0,95	3138,95
Calumb I. L10	Alumbrado Emergencia Producción (10 luminarias)	60	0,95	63,16
Calumb I. L11	Alumbrado Emergencia Producción (10 luminarias)	60	0,95	63,16
Calumb I. L12	Al Emer Granceadora (4 lum) + Al Emer Producción (2 lum) + Al Emer Compresor (2 lum) + Al Emer Mant (3 lum)	66	0,95	69,47
Calumb I. L13.A	Luminaria Exterior 1	2250	0,95	2368,42
Calumb I. L13.B	Luminaria Exterior 2	2250	0,95	2368,42
Calumb I. L13.C	Luminaria Exterior 3	2250	0,95	2368,42
<b>Total</b>		<b>33774</b>		<b>35551,58</b>

**2.5.1.6 Cuadro Secundario VI**

Línea	Elemento	Potencia	Cos phi	S(VA)
C alumb II . L1	Alumbrado zona Almacén 4	2982	0,95	3138,95
C alumb II . L2	Alumbrado zona Almacén 4	2982	0,95	3138,95
C alumb II . L3	Alumbrado zona Almacén 4	2982	0,95	3138,95
C alumb II . L4	Alumbrado zona Almacén 5	2982	0,95	3138,95
C alumb II . L5	Alumbrado zona Almacén 5	2982	0,95	3138,95
C alumb II . L6	Alumbrado zona Almacén 5	2982	0,95	3138,95
C alumb II . L7	Alumbrado zona Almacén 6	2982	0,95	3138,95
C alumb II . L8	Alumbrado zona Almacén 6	2982	0,95	3138,95
C alumb II . L9	Alumbrado zona Almacén 6	2982	0,95	3138,95
C alumb II . L10	Alumbrado de Emergencia Almacén 1	54	0,95	56,84
C alumb II . L11	Alumbrado de Emergencia Almacén 2	54	0,95	56,84
C alumb II . L12	Alumbrado de Emergencia Almacén 3	60	0,95	63,16
C alumb II . T1	TC Almacén 1 (monofásica)	517,5	1	517,50
C alumb II . T2	TC Almacén 1 (monofásica)	517,5	1	517,50
C alumb II . T3	TC Almacén 1 (monofásica)	517,5	1	517,50
C alumb II . T4	TC Almacén (trifásica)	2024	1	2024,00
<b>Total</b>		<b>30582,5</b>		<b>32003,87</b>

**2.5.1.7 Cuadro Auxiliar del CT**

Línea	Elemento	Potencia	Cos phi	S(VA)
Ctrafo.L1	Iluminación interior del CT	110	0,95	115,79
Ctrafo.L2	Iluminación de emergencia	6	0,95	6,32
Ctrafo.L3	T.C. Monofásico	517,5	1	517,50
<b>Total</b>		<b>633,5</b>		<b>639,61</b>

La potencia total activa es de:

- $P = 266,095 \text{ KW}$

La potencia total aparente es de:

- $S = 305,503 \text{ KVA}$

Por lo tanto, la potencia total reactiva consumida será:

- $Q = (S^2 - P^2)^{1/2} = 150,085 \text{ KVAr}$

Se quiere conseguir un  $\cos \phi$  cercano a 1, con  $\cos \phi = 0,97$ .

$$Q' = P \cdot \tan \phi = 66,661 \text{ KVAr}$$

Por lo que la potencia a compensar sería de:

$$Q_B = Q - Q' = 83,576 \text{ KVAr}$$

Esta potencia será la que tenga que suministrar la batería de condensadores, puesto que se ha elegido compensación automática.

Se elegirá una batería de condensadores que pueda llegar a suministrar una energía reactiva mayor de 230 KVAr. El equipo seleccionado para la corrección automática del factor de potencia es una batería de condensadores de **105 KVAr (Con 7 escalones: 1,25KVAr, 2,5KVAr, 5KVAr, 10KVAr, 20KVAr, 50KVAr, 100KVAr)**), serie **RECTIMAT 2 Clase H 400 V**, que se colocará en el lado del cuadro general de baja tensión.

La batería automática elegida tiene una serie de características:

- Tensión asignada: 400 V, trifásicos 50 Hz.
- Grado de protección IP31
- Auto transformador 400/230 V, integrado.
- Protección contra contactos directos (puerta abierta)
- Normas: CEI 439-1, EN 60439

### 2.5.2 Cálculo del conductor de unión de la batería

Aplicando la fórmula de la potencia, se halla la intensidad:

$$Q = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_n \cdot \sin \varphi$$

Siendo:

- $\sin \varphi = 1$  (el de la batería de condensadores).
- $V = 400 \text{ V}$
- $Q =$  potencia de la batería de condensadores (105 KVAr)

Sustituyendo y despejando la  $I_n = 151,55 \text{ A}$ .

El cable de conexión de la batería con el CGD tendrá una sección de 50 mm<sup>2</sup>, RV – K 0.6/1 PRYSMIAN.

### 2.5.3. Cálculo de la protección de la batería:

El cálculo del interruptor automático se basa en la intensidad consumida por la batería de condensadores.

$$I_n = 151,55 \text{ A}$$

La intensidad de cortocircuito será la de la entrada al CGD.

$$I_{cc} = 11,055 \text{ KA}$$

Se elige un interruptor magnetotérmico con poder de corte 25 KA,  $I_n = 160 \text{ A}$ .



## **2.6 INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA:**

### **2.6.1 Investigación del terreno:**

Dependiendo de la naturaleza y de la profundidad del terreno variará la resistencia de tierra, para lograr la resistividad del terreno se acudirá a la tabla 3 de la ITC-BT-18.

Dada la naturaleza del terreno (margas y arcilla compactada) se obtiene un valor aproximado de la resistividad de terreno, que será de 100 a 200 mΩ (valor medio 150mΩ).

### **2.6.2 Cálculo de la Resistencia de Tierra:**

Según se explica en la memoria, la diferencia de tensión entre masa y tierra no debe ser nunca superior a 24 voltios en lugares húmedos o de 50 voltios en lugares secos.

De los dos valores se coge el de 50 Voltios, ya que se trata de una nave con ambiente seco.

#### Resistencia de las picas:

Siguiendo la tabla5 de la ITC-BT-18:

$$R_{pica} = \frac{\rho}{L} = \frac{150}{2} = 75 \Omega$$

Donde:

- $L$  = longitud de la pica = 2m.
- $D$  = diámetro de la pica = 14 mm.
- $\rho$  = Resistividad del terreno

Se sabe que la resistencia equivalente a un grupo de picas es inversamente proporcional al número de estas, aunque esto en la práctica no sea rigurosamente cierto, se considerara así.

$$R_{equiv} = \frac{R_{pica}}{N} = \frac{75}{4} = 18.75 \Omega$$

En el caso particular de nuestro proyecto se colocarán 6 picas situadas conforme la ITC-BT-18 en los vértices del perímetro formado por el conductor enterrado en los cimientos del edificio, como puede observarse en los planos adjuntos al proyecto.

#### Resistencia del conductor de cobre enterrado.

Como dice la ITC-BT-18: El conductor irá enterrado a una profundidad mínima de 0,5m. Por lo tanto lo colocaremos a una profundidad de 0,8m para que cumpla la norma.

La tabla 5 de la ITC-BT-18 dice:

$$R_{conductor} = \frac{2 \cdot \rho}{L} = \frac{2 \cdot 150}{362m} = 0.8287 \Omega$$

Siendo la Longitud del cable de Cu enterrado de 362 m.

Resistencia a tierra total de la instalación.

$$R_{total} = \frac{(R_{equiv} \cdot R_{conductor})}{(R_{equiv} + R_{conductor})} = \frac{18,75 \cdot 0.8287}{18.75 + 0.8287} = 0.79362 \Omega$$

Para saber si el valor es correcto. Se sabe que la I defecto máx es de 600mA. Por lo que para que sea correcta la tensión debe ser menor que la máxima permitida (50v en locales secos)

$$V = I \cdot R_{total} = 600 \cdot 10^{-3} \cdot 0.79362 = 0.4762 < 50v \implies \text{La instalación es buena}$$

### 2.6.3 Sección del cable de tierra y Conductor de Protección

El conductor de tierra será de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección, mientras que el conductor de protección tendrá una sección como máximo de 50 mm<sup>2</sup>.

### 2.6.4 Punto de Puesta a Tierra

El dispositivo que mide la puesta a tierra se colocará sobre el conductor de puesta a tierra y en un lugar accesible, tal y como dice la ITC-BT-18.

Se ha elegido para ello la zona izquierda de la nave, al lado izquierdo del Cuadro General de Distribución.

## 2.7 CÁLCULO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:

### 2.7.1 Intensidad en Alta Tensión (Ip)

En un sistema trifásico, la intensidad primaria Ip viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

- $S$  = Potencia del transformador en KVA. (630 KVA).
- $U_p$  = Tensión compuesta primaria en KV (13,2 KV).
- $I_p$  = Intensidad primaria en amperios.

Por lo tanto:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_p} = \frac{630 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \cdot 13,2 \text{ KV}} = 27,55 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad \text{La intensidad del primario en AT}$$

### 2.7.2 Intensidad en Baja Tensión (Is)

En un sistema trifásico la intensidad secundaria Is viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{Fe} - W_{Cu}}{\sqrt{3} \cdot U_s}$$

Donde:

- $S$  = Potencia del transformador en KVA. (630 KVA)
- $W_{Cu}$  = Pérdidas en el cobre (arrollamientos) del transformador.
- $W_{Fe}$  = Pérdidas en el hierro del transformador.
- $U_s$  = Tensión compuesta en carga del secundario en KV (0,4 KV)
- $I_s$  = Intensidad secundaria en Amperios.

Si despreciamos las pérdidas en el hierro y en el cobre (arrollamientos). Se obtiene:

$$I_s = \frac{S - W_{Fe} - W_{Cu}}{\sqrt{3} \cdot U_s} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_s} = \frac{630 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ KV}} = 909,33 \text{ A} \quad \Rightarrow \quad \text{La I del secundario BT}$$

### 2.7.3 Cortocircuitos:

#### 2.7.3.1 Introducción

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 500 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la compañía suministradora (Iberdrola).

#### 2.7.3.2 Cálculo corrientes de CCTO

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito se utilizarán las expresiones:

1. Intensidad primaria para CCTO en el lado de Alta Tensión:

$$I_{CCP} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 13,2} = 21,87 \text{ KA}$$

Donde:

- $S_{cc}$  = potencia de cortocircuito de la red en MVA (500 MVA).
- $U$  = tensión primaria en KV (13,2 KV).
- $I_{CCP}$  = intensidad de cortocircuito primaria en KA

## 2. Intensidad secundaria para CCTO en el lado de Baja Tensión:

Hay que tener en cuenta que para simplificar los cálculos, despreciamos la impedancia de la red en Alta Tensión.

$$I_{ccs} = \frac{I_s \cdot 100}{U_{cc}} = \frac{909.33 \cdot 100}{4\%} = 22.733 \text{ KA}$$

Donde:

- $I_s$  = Intensidad secundaria.
- $U_{cc}$  = tensión porcentual de cortocircuito del transformador (4%).
- $I_{ccs}$  = intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de BT en KA.

### 2.7.3.3 Conexión Celdas –Transformador

La intensidad nominal que ha de soportar el cable es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 13,2 \text{ Kv}} = 27.55 \text{ A}$$

Se ha decidido colocar conductores unipolares de cobre de 35 mm<sup>2</sup> de sección, que en condiciones de instalación soporta 154A, y provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo así con los criterios de calentamiento y de caída de tensión. El aislamiento del conductor será de XLPE (Polietileno Reticulado).

### 2.7.3.4 Conexión del secundario del transformador al cuadro BT.

La intensidad nominal que tienen que soportar los cables que unen el secundario del transformador con el cuadro de Baja Tensión del CT es:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 909.33 \text{ A}$$

Se ha decidido poner tres conductores por fase de cobre de 120 mm<sup>2</sup> de sección, que en condiciones normales soporta 348 A (3\* 348 A = 1044 A > 909.33 A) y provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo así con los criterios de calentamiento y de caída de tensión. El aislamiento del conductor será de XLPE (Polietileno Reticulado).

## 2.7.4 Otras instalaciones del Centro de Transformación

### 2.7.4.1 Iluminación:

Se ha decidido colocar dos lámparas fluorescentes de la marca Philips, modelo TMS022 1XTL-D58W HFS+GMS022R.

- Tipo de local: Centro de transformación.
- Área del local: 14,47 m<sup>2</sup>.
- Solución: 2 lámparas TMS022 1XTL-D58W HFS+GMS022R

- Potencia: 110W

#### 2.7.4.2 Luminarias de emergencia y señalización:

- Tipo de local: Centro de Transformación
- Área del local : 14,47 m<sup>2</sup>
- Proporción 5 lm/m<sup>2</sup>
- Solución: 1 luminaria Legrand Serie C3 6W 61510, no permanentes con señalización.
- Potencia: 6W

#### 2.7.4.3 Cuadro auxiliar en BT del Centro de Transformación:

Línea	Descripción	Potencia	Tensión	Cos φ	In (A)	Fc	Ical (A)	Fase
Línea CT 1.1	Iluminación interior CT	110	230	0,95	0,50	1,8	0,905	R - N
Línea CT 1.2	Iluminación Emergencia CT	6	230	0,95	0,03	1,8	0,049	S - N
Línea CT 1.3	T.C CT (monofásica)	517,5	230	1	2,25	1,8	4,05	T - N
<b>CT</b>	<b>Total</b>	<b>633,5</b>			<b>2,78</b>		<b>5,01</b>	
	<b>Factor de simultaneidad =0,9</b>	<b>570,15</b>			<b>2,5024</b>		<b>4,509</b>	

#### 2.7.4.4 Dimensionamiento de los cables del cuadro auxiliar en BT del CT

Línea	In	Ical	Fc	Iadm	L(m)	Canalización	S. termico	S. cdt	S(mm2)	Neutro	CP	Sección	Diámetro tubo
Ctrafo.L1	0,50	0,91	0,9	1,01	1,5	Empotrado	1,5	0,0014	1,5	1,5	1,5	R 2x2,5 + 2,5TT	16
Ctrafo.L2	0,03	0,05	0,9	0,05	2,5	Empotrado	1,5	0,0002	1,5	1,5	1,5	S 2x2,5 + 2,5TT	16
Ctrafo.L3	3,00	3,00	0,9	3,33	2	Empotrado	1,5	0,0720	2,5	2,5	2,5	T 2x2,5 + 2,5TT	20

A pesar de que puedo escoger conductores de 1,5 mm<sup>2</sup>. Escojo de 2,5 ya que el RBT aconseja utilizar un mínimo de 2,5mm<sup>2</sup> para usos diferentes al alumbrado (en este caso toma de corriente).

#### 2.7.5 Dimensionamiento de ventilación del Centro de Transformación.

El objeto de la ventilación en los centros de transformación es evacuar el calor producido en el transformador o transformadores debido a las pérdidas magnéticas (pérdidas en vacío) y las de los arrollamientos por efecto Joule (pérdidas en carga).

Datos del transformador para el cálculo de la superficie de la rejilla:

$$W_{cu} = 2,3, \text{ KW}; \quad h = 2 \text{ m}; \quad K = 0,5$$

$$W_{fe} = 8.6 \text{ KW}; \quad \Delta T = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad Q = \text{caudal de aire necesario}$$

Fórmula:

$$Q = \frac{P_p (KW)}{\Delta T \cdot 1,16}; \quad V_s = 4,6 \frac{\sqrt{H}}{\Delta T};$$

$$S = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 \cdot K \cdot \sqrt{(h \cdot \Delta T^3)}} = \frac{2,3 + 8,6}{0,24 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{(2 \cdot 15^3)}} = 1,105 \text{ m}^2$$

Donde:

- $S$  = Superficie en  $m^2$  de la rejilla
- $W_{cu}$  = Pérdidas de Cobre
- $W_{fe}$  = Pérdidas de hierro
- $h$  = diferencia de altura entre la rejilla de entrada y la de salida.
- $K$  = coeficiente en función del tipo de rejilla
- $\Delta T$  = Diferencia de temperatura entre el aire de entrada y el de salida.

La superficie total de la rejilla será superior a la superficie neta debido a que las láminas de la rejilla, para no permitir el paso de agua, pequeños animales o de objetos metálicos según la MIE RAT 13, disminuyen el paso de aire; por lo que la superficie total mínima de la rejilla se aumentará como mínimo un 40%.

$$S_{entrada} = 1,105 + (1,105 \cdot 40\%) = 1,547 m^2$$

La superficie de la rejilla para la salida del aire caliente debe ser mayor que la rejilla para la entrada de aire, admitiéndose la siguiente relación:

$$S_{entrada} = 0,92 \cdot S_{salida} \qquad S_{salida} = \frac{S_{entrada}}{0,92} = 1,6815 m^2$$

Por tanto, la superficie mínima de la rejilla de salida es:  $S_{salida} = 1,68 m^2$ .

El edificio dispondrá de una rejilla de ventilación para la entrada de aire situada en la parte lateral izquierda inferior, detrás del transformador, de dimensiones 2200/700 mm y superficie total  $1,54 m^2$ , que es igual a la necesaria.

Para la salida de aire se dispone de una rejilla en la parte superior lateral derecha, 2 m por encima de la anterior de dimensiones 2200/780 mm, con superficie de  $1,716 m^2$ , que es ligeramente superior a la necesaria.

Las rejillas de entrada y salida de aire irán situadas en las paredes a diferente altura, siendo la distancia media vertical de separación entre los puntos medios de dichas rejillas de 2 m.

Por otra parte, decir que el precio de dichas rejillas, así como su colocación y suministro, viene incluido en el precio del prefabricado.

### 2.7.6 Dimensionamiento del agujero apagafuegos.

El foso de recogida de aceite tiene que ser capaz de alojar la totalidad del volumen de aceite refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciado total. Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 760 litros, no habrá ninguna delimitación en ese sentido, ya que entrará toda la totalidad del aceite, 410 litros, que está incorporado en el transformador.

### 2.7.7 Cálculo de la Instalación de Puesta a Tierra.

#### 2.7.7.1 Introducción:

Hay que distinguir entre la tierra de protección y la de servicio. Deberán estar separadas para evitar que se transfieran tensiones peligrosas, tal y como se calcula posteriormente.

#### Datos de partida:

- Según la investigación previa del terreno donde se instalará el centro de transformación, se determina una resistividad superficial de  $150 \text{ m}\Omega$ .
- Tensión de red: 13,2 KV.
- Nivel de aislamiento en las instalaciones de baja tensión del centro de transformación = 24KV.
- Intensidad de defecto máxima permitida de acuerdo con las normas dadas por las Empresas suministradoras de energía:  $I_d = 400 \text{ A}$ .

#### Características del Centro de Transformación:

- La caseta tiene 6080 mm de largo, 2380 mm de ancho y 3045 mm de alto.
- La resistividad del terreno:  $\rho = 150 \text{ }\Omega\text{m}$
- La resistividad del hormigón:  $\rho_h = 3000 \text{ }\Omega\text{m}$

El neutro de la red de distribución en media tensión está conectado rígidamente a tierra.

Por ellos, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del centro, así como de las características de la red de media tensión.

La intensidad máxima de defecto a tierra es 400 A y el tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0,45 segundos, según datos proporcionados por la compañía suministradora (Iberdrola).

#### 2.7.7.2 Tierra de Protección:

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar se emplearán las expresiones y procedimientos según el

*“Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo entre otras, las siguientes:*

Para la tierra de protección se ha adoptado la **configuración 50-30/8/84** cuyos datos son los siguientes:

- $K_r = 0.062 \Omega/\Omega m$  (Resistencia)
- $K_P = 0.0096 V \Omega/\Omega mA$  (Tensión de paso)
- $K_c = 0.0232 V \Omega/\Omega mA$  (Tensión de contacto exterior)

Descripción:

Estará constituida por 8 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros. Estas picas formarán un rectángulo de dimensiones 7x3 metros.

NOTA: Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando se cumplan las comprobaciones realizadas anteriormente.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1KV protegido contra daños mecánicos.

### 2.7.7.3 Tierra de Servicio:

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Para la tierra de servicio se ha adoptado la **configuración 5/32** cuyos datos son los siguientes:

- $K_r = 0,13 \Omega/\Omega m$

Descripción:

Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm<sup>2</sup> de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 metros. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8 metros, y la separación entre cada pica será de 3 metros.

Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 21 metros, dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.



NOTA: Se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando se cumplan las comprobaciones anteriormente realizadas.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0,6/1KV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a  $37\Omega$ .

Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 600 mA no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V ( $37 \times 600 = 22.2\text{v} < 24\text{v}$ ).

Existirá una separación mínima entre las picas de tierra de protección y las picas de tierra de servicio, a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de baja tensión.

#### 2.7.7.4 Resistencia de la Tierra de Protección:

La compañía suministradora proporciona los datos de la puesta a tierra del neutro, cuyos valores son los siguientes:  $R_n=0$ ;  $X_n=25$ . **Configuración 50-30/8/84**

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del centro y tensión de defecto correspondiente, se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra:

$$R_T = K_r \cdot \rho = 0,062 \cdot 150 = 9,3 \Omega$$

- Intensidad de defecto:

$$I_D = \frac{U}{\left( \sqrt{3} \cdot \sqrt{((R_n + R_r)^2 + X_n^2)} \right)} = \frac{13200}{(\sqrt{3} \cdot \sqrt{((0 + 9.3)^2 + 25^2))}} = 285.71 \text{ A}$$

- Tensión de defecto:

$$U_d = R_T \cdot I_D = 9.3 \cdot 285.71 = 2657.103 \text{ V}$$

El aislamiento de las instalaciones de Baja Tensión del Centro de Transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada ( $U_d$ ), por lo que deberá ser como mínimo 3000V.

$$3000\text{V} > 2657,1\text{V}$$

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del Centro.

Comprobamos además que la intensidad de defecto calculada es superior a 100A, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

#### 2.7.7.5 Resistencia de la Tierra de Servicio

$$R_t = k_r \cdot \rho = 0,13 \cdot 150 = 19.5 \, \Omega < 37 \, \Omega \quad \Rightarrow \quad \text{Correcto}$$

#### 2.7.7.6 Tensiones en el exterior de la instalación:

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que estas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$V_p = K_p \cdot I_D = 0,0096 \cdot 150 \cdot 400 = 576V$$

#### 2.7.7.7 Tensiones en el interior de la instalación:

El piso del centro estará constituido por un mallazo electro-soldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0.30 x 0.30m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del centro.

Con esta disposición se consigue proteger a la persona que deba acceder a una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm de espesor como mínimo.

De esta forma no será necesario el cálculo de las tensiones de contacto y de paso en el interior, ya que su valor será prácticamente cero.

No obstante, la existencia de una superficie equipotencial conectada al electrodo de tierra, hace que la tensión de paso en el acceso sea equivalente al valor de la tensión de contacto exterior:

$$V_p(acc) = K_C \cdot \rho \cdot I_D = 0,0232 \cdot 150 \cdot 285.71 = 994.27V$$

#### 2.7.7.8 Tensiones aplicadas:

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro de Transformación, se emplearán las siguientes expresiones:

$$V_{P(\text{exterior})} = \frac{10 \cdot K}{t^n \cdot \left(1 + \left(\frac{6\rho}{1000}\right)\right)} = 3040V$$

Debe dar valores  
inferiores a los obtenidos

$$V_{P(\text{acceso})} = \frac{10 \cdot K}{t^n \cdot \left(1 + \left(\frac{3\rho + 3\rho H}{1000}\right)\right)} = 16720V$$

Donde:

- $U_P$ : tensiones de paso en voltios.
- $K = 72$
- $n = 1$
- $K$  y  $n$  se obtienen en el MIE RAT 13, en función del tiempo de desconexión  $t$ .
- $t$ : tiempo de desconexión en segundos (0,45s)
- $\rho$ : resistividad del terreno (150  $\Omega m$ )
- $\rho H$ : resistividad del hormigón (3000  $\Omega m$ )

$$V_{p(\text{exterior})} = Kp \cdot \rho \cdot Id = 0,0096 \cdot 150 \cdot 285.71 = 411.42v < 16720v$$

$$V_{p(\text{acceso})} = Kc \cdot \rho \cdot Id = 0,0232 \cdot 150 \cdot 285.71 = 994.27v < 3040v$$

Se observa que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles.

#### 2.7.7.9 Tensiones transferidas al exterior:

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas que puedan afectar a las instalaciones de los usuarios, cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima  $D_{\min}$ , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio determinada por la expresión:

$$D_{\min} \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi \cdot 1000} = \frac{150 \cdot 285.71}{2\pi \cdot 1000} = 6,82m$$

Es decir la Distancia mínima será superior a 6,82m para asegurar que unas posibles tensiones elevadas no puedan afectar a las instalaciones y usuarios.

**2.7.7.10 Separación entre las tomas de tierra de las masas de las instalaciones de utilización y de las masas del centro de transformación.**

Se verificará que las masas de puesta a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas, no están unidas a las tomas a tierra de las masas del centro de transformación, para evitar que durante la evacuación de un defecto a tierra en el centro de transformación, se transfieran tensiones de contacto peligrosas a las masas de las instalaciones de utilización.

Se considerará que las tierras son independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

1. No exista canalización metálica conductora que una la zona de tierra del CT con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
2. La distancia entre la toma de tierra del CT y la de las masas de la instalación debe ser como mínimo de 15 m para una  $B < 100 \Omega m$ .

Cuando el terreno no sea tan bueno, se utilizará esta ecuación:

$$D = \frac{\rho \cdot I_d}{2\pi \cdot 1200} = 5,68m$$

*Donde:*

- *D: distancia entre electrodos, en metros.*
  - *B: resistividad media del terreno en  $\Omega m$ .*
  - *$I_d$ : Intensidad de defecto a tierra en A.*
  - *$V = 1200 V$  para sistemas de distribución TT siempre que el tiempo de eliminación del defecto en la instalación de alta tensión sea menor o igual a 5 segundos y 250V.*
3. El centro de transformación debe estar situado en un recinto aislado de locales de utilización.

**2.7.7.11 Corrección y Ajustes (si proceden)**

No es necesaria la corrección del sistema proyectado.

Sin embargo, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del centro, o cualquier otro medio permitido por el reglamento, que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

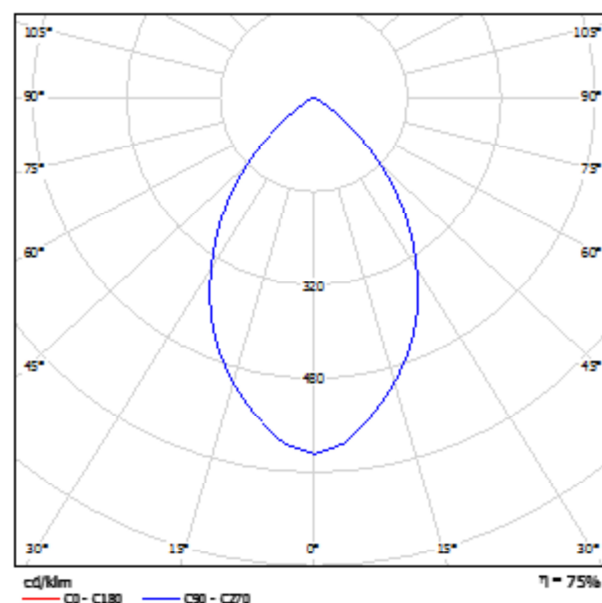
# ANEXO DIALUX

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150 R +ZPK150 GC / Hoja de datos de luminarias

### Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



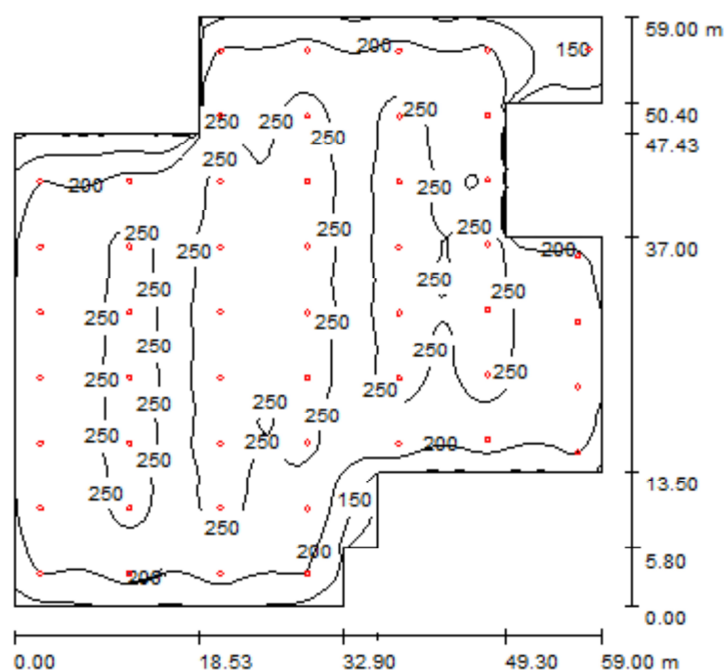
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 99 100 100 75

### Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
		70	70	90	90	90	70	70	90	90	90	90
a. Techo		70	70	90	90	90	70	70	90	90	90	90
b. Paredes		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
c. Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y		Mirada en perpendicular al eje de lámpara					Mirada en longitudinal al eje de lámpara					
2H	2H	20.4	21.3	20.7	21.5	21.7	20.4	21.3	20.7	21.5	21.7	
	3H	20.3	21.1	20.6	21.3	21.6	20.3	21.1	20.6	21.3	21.6	
	4H	20.2	21.0	20.5	21.2	21.5	20.2	21.0	20.5	21.2	21.5	
	6H	20.2	20.8	20.5	21.1	21.4	20.2	20.8	20.5	21.1	21.4	
	8H	20.1	20.8	20.5	21.1	21.4	20.1	20.8	20.5	21.1	21.4	
	12H	20.1	20.7	20.4	21.0	21.3	20.1	20.7	20.4	21.0	21.3	
4H	2H	20.3	21.0	20.6	21.3	21.5	20.3	21.0	20.6	21.3	21.5	
	3H	20.2	20.8	20.5	21.1	21.4	20.2	20.8	20.5	21.1	21.4	
	4H	20.1	20.6	20.5	21.0	21.3	20.1	20.6	20.5	21.0	21.3	
	6H	20.0	20.5	20.4	20.8	21.2	20.0	20.5	20.4	20.8	21.2	
	8H	20.0	20.4	20.4	20.8	21.2	20.0	20.4	20.4	20.8	21.2	
	12H	20.0	20.3	20.4	20.7	21.1	20.0	20.3	20.4	20.7	21.1	
8H	4H	20.0	20.4	20.4	20.8	21.2	20.0	20.4	20.4	20.8	21.2	
	6H	19.9	20.2	20.4	20.6	21.1	19.9	20.2	20.4	20.6	21.1	
	8H	19.9	20.1	20.3	20.6	21.1	19.9	20.1	20.3	20.6	21.1	
	12H	19.8	20.0	20.3	20.5	21.0	19.8	20.0	20.3	20.5	21.0	
	4H	20.0	20.3	20.4	20.7	21.1	20.0	20.3	20.4	20.7	21.1	
	8H	19.9	20.1	20.3	20.6	21.0	19.9	20.1	20.3	20.6	21.0	
12H	19.8	20.0	20.3	20.5	21.0	19.8	20.0	20.3	20.5	21.0		
Variedad de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+1.3 / -4.1					+1.3 / -4.1					
S = 1.5H		+3.3 / -10.6					+3.3 / -10.6					
S = 2.0H		+5.2 / -14.5					+5.2 / -14.5					
Tabla estándar		5000					5000					
Sumando de corrección		0.3					0.3					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2200lm R <sub>u</sub> o luminaria total												

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Nave (producción) / Resumen



Altura del local: 12.000 m, Altura de montaje: 11.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:758

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	228	54	270	0.236
Suelo	20	226	60	266	0.266
Techo	70	42	22	55	0.524
Paredes (14)	50	79	25	561	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	51	Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150 R +ZPK150 GC (1.000)	22000	426.0
Total:			1122000	21726.0

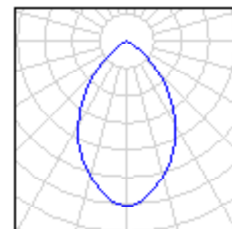
Valor de eficiencia energética:  $7.73 \text{ W/m}^2 = 3.39 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $2812.00 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Nave (producción) / Lista de luminarias

51 Pieza    Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150  
R +ZPK150 GC  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 22000 lm  
Potencia de las luminarias: 426.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 99 100 100 75  
Lámpara: 1 x HPL-N400W (Factor de corrección  
1.000).

Dispone de una imagen  
de la luminaria en  
nuestro catálogo de  
luminarias.





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Nave (producción) / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 1122000 lm  
Potencia total: 21726.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	195	34	228	/	/
Suelo	192	34	226	20	14
Techo	0.00	42	42	70	9.41
Pared 1	37	36	74	50	12
Pared 2	37	35	72	50	11
Pared 3	9.56	30	39	50	6.25
Pared 4	14	32	46	50	7.27
Pared 5	45	39	85	50	13
Pared 6	55	40	95	50	15
Pared 7	48	41	88	50	14
Pared 8	66	38	104	50	17
Pared 9	16	29	45	50	7.21
Pared 10	47	28	75	50	12
Pared 11	36	35	71	50	11
Pared 12	60	37	97	50	15
Pared 13	24	35	60	50	9.48
Pared 14	53	37	89	50	14

Simetrías en el plano útil

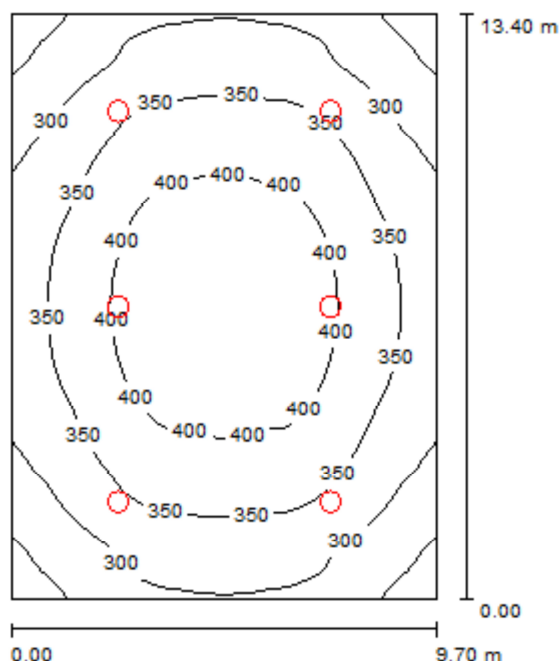
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.236 (1:4)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.199 (1:5)

Valor de eficiencia energética:  $7.73 \text{ W/m}^2 = 3.39 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base: 2812.00 m²)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Mantenimiento / Resumen



Altura del local: 12.000 m, Altura de montaje: 11.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:173

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	348	223	434	0.642
Suelo	20	327	223	402	0.683
Techo	70	66	47	77	0.723
Paredes (4)	50	152	48	285	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150 R +ZPK150 GC (1.000)	22000	426.0
Total:			132000	2556.0

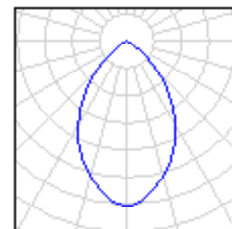
Valor de eficiencia energética:  $19.66 \text{ W/m}^2 = 5.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $129.98 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Mantenimiento / Lista de luminarias

6 Pieza      Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150  
R +ZPK150 GC  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 22000 lm  
Potencia de las luminarias: 426.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 99 100 100 75  
Lámpara: 1 x HPL-N400W (Factor de corrección  
1.000).

Dispone de una imagen  
de la luminaria en  
nuestro catálogo de  
luminarias.



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Mantenimiento / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 132000 lm  
Potencia total: 2556.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	274	74	348	/	/
Suelo	253	74	327	20	21
Techo	0.00	66	66	70	15
Pared 1	82	69	150	50	24
Pared 2	84	70	154	50	25
Pared 3	82	69	150	50	24
Pared 4	84	69	153	50	24

Simetrías en el plano útil

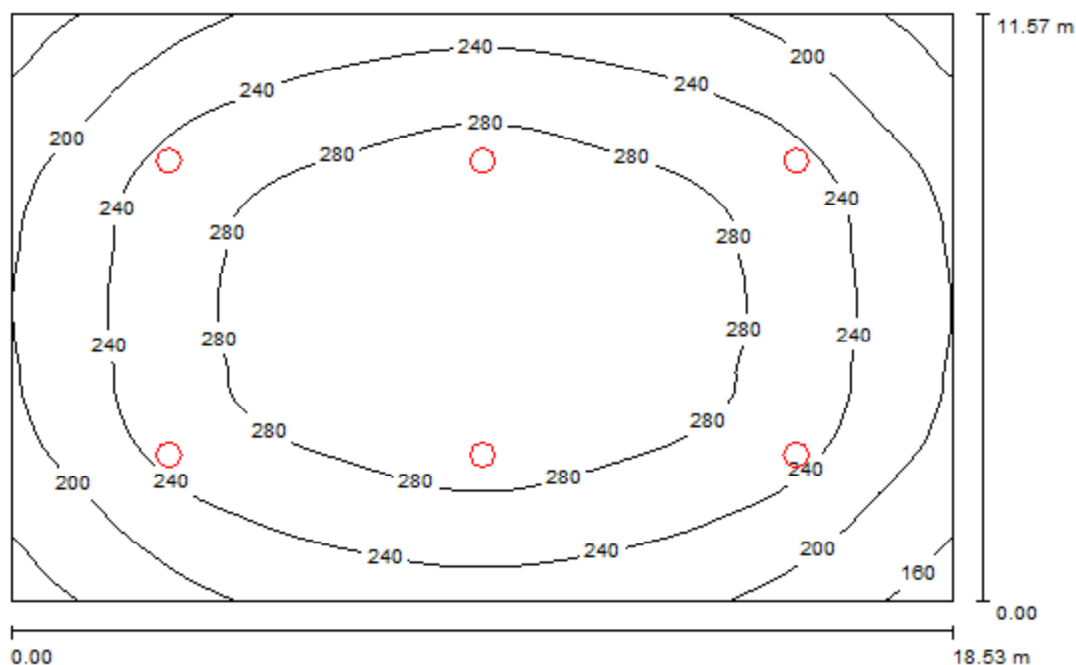
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.642 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.515 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $19.66 \text{ W/m}^2 = 5.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $129.98 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Granceadora / Resumen



Altura del local: 12.000 m, Altura de montaje: 11.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:149

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	249	143	317	0.574
Suelo	20	237	146	300	0.615
Techo	70	43	32	52	0.752
Paredes (4)	50	97	32	174	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150 R +ZPK150 GC (1.000)	22000	426.0
Total:			132000	2556.0

Valor de eficiencia energética:  $11.92 \text{ W/m}^2 = 4.78 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $214.46 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

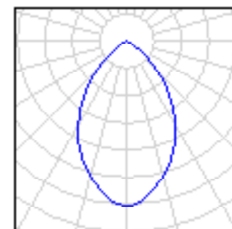
---

**Granceadora / Lista de luminarias**

---

6 Pieza      Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150  
R +ZPK150 GC  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 22000 lm  
Potencia de las luminarias: 426.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 99 100 100 75  
Lámpara: 1 x HPL-N400W (Factor de corrección  
1.000).

Dispone de una imagen  
de la luminaria en  
nuestro catálogo de  
luminarias.



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Granceadora / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 132000 lm  
Potencia total: 2556.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	203	46	249	/	/
Suelo	190	47	237	20	15
Techo	0.00	43	43	70	9.57
Pared 1	54	45	99	50	16
Pared 2	50	44	94	50	15
Pared 3	54	44	98	50	16
Pared 4	50	44	94	50	15

Simetrías en el plano útil

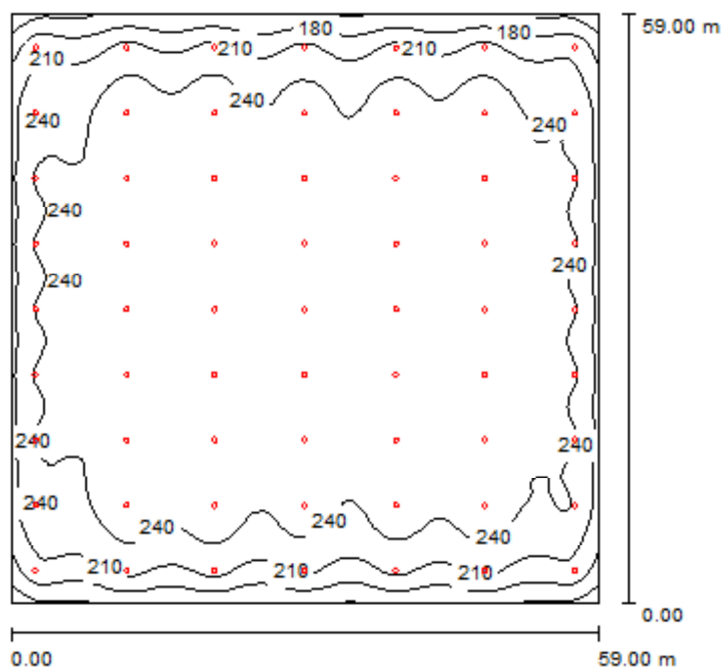
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.574 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.451 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $11.92 \text{ W/m}^2 = 4.78 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $214.46 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Nave (almacén) / Resumen



Altura del local: 12.000 m, Altura de montaje: 11.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:758

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	237	127	272	0.537
Suelo	20	235	132	268	0.561
Techo	70	45	32	49	0.718
Paredes (4)	50	85	34	227	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	63	Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150 R +ZPK150 GC (1.000)	22000	426.0
Total:			1386000	26838.0

Valor de eficiencia energética:  $7.71 \text{ W/m}^2 = 3.25 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $3481.00 \text{ m}^2$ )

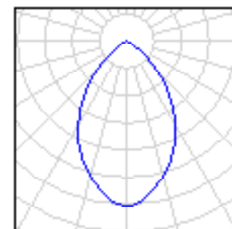


Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Nave (almacén) / Lista de luminarias

63 Pieza    Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150  
R +ZPK150 GC  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 22000 lm  
Potencia de las luminarias: 426.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 99 100 100 75  
Lámpara: 1 x HPL-N400W (Factor de corrección  
1.000).

Dispone de una imagen  
de la luminaria en  
nuestro catálogo de  
luminarias.



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Nave (almacén) / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 1386000 lm  
Potencia total: 26838.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	202	35	237	/	/
Suelo	200	35	235	20	15
Techo	0.00	45	45	70	9.92
Pared 1	37	39	76	50	12
Pared 2	55	39	94	50	15
Pared 3	37	38	76	50	12
Pared 4	56	39	96	50	15

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.537 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.468 (1:2)

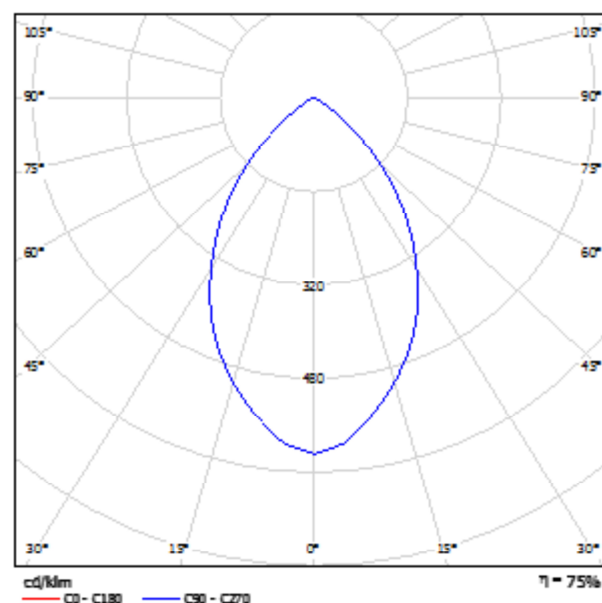
Valor de eficiencia energética:  $7.71 \text{ W/m}^2 = 3.25 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base: 3481.00 m²)

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150 R +ZPK150 GC / Hoja de datos de luminarias

### Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



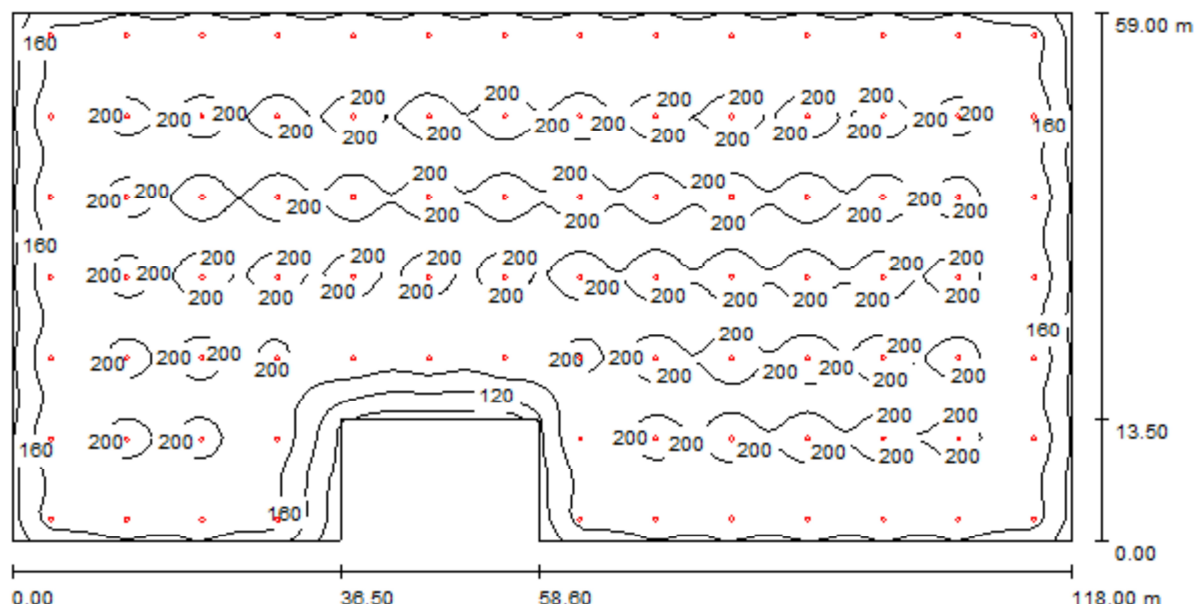
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 99 100 100 75

### Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
		70	70	90	90	90	70	70	90	90	90	90
a. Techo		70	70	90	90	90	70	70	90	90	90	90
b. Paredes		90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
c. Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y		Mirada en perpendicular al eje de lámpara					Mirada en longitudinal al eje de lámpara					
2H	2H	20.4	21.3	20.7	21.5	21.7	20.4	21.3	20.7	21.5	21.7	
	3H	20.3	21.1	20.6	21.3	21.6	20.3	21.1	20.6	21.3	21.6	
	4H	20.2	21.0	20.5	21.2	21.5	20.2	21.0	20.5	21.2	21.5	
	6H	20.2	20.8	20.5	21.1	21.4	20.2	20.8	20.5	21.1	21.4	
	8H	20.1	20.8	20.5	21.1	21.4	20.1	20.8	20.5	21.1	21.4	
	12H	20.1	20.7	20.4	21.0	21.3	20.1	20.7	20.4	21.0	21.3	
4H	2H	20.3	21.0	20.6	21.3	21.5	20.3	21.0	20.6	21.3	21.5	
	3H	20.2	20.8	20.5	21.1	21.4	20.2	20.8	20.5	21.1	21.4	
	4H	20.1	20.6	20.5	21.0	21.3	20.1	20.6	20.5	21.0	21.3	
	6H	20.0	20.5	20.4	20.8	21.2	20.0	20.5	20.4	20.8	21.2	
	8H	20.0	20.4	20.4	20.8	21.2	20.0	20.4	20.4	20.8	21.2	
	12H	20.0	20.3	20.4	20.7	21.1	20.0	20.3	20.4	20.7	21.1	
8H	4H	20.0	20.4	20.4	20.8	21.2	20.0	20.4	20.4	20.8	21.2	
	6H	19.9	20.2	20.4	20.6	21.1	19.9	20.2	20.4	20.6	21.1	
	8H	19.9	20.1	20.3	20.6	21.1	19.9	20.1	20.3	20.6	21.1	
	12H	19.8	20.0	20.3	20.5	21.0	19.8	20.0	20.3	20.5	21.0	
	4H	20.0	20.3	20.4	20.7	21.1	20.0	20.3	20.4	20.7	21.1	
	8H	19.9	20.1	20.3	20.6	21.0	19.9	20.1	20.3	20.6	21.0	
12H	19.8	20.0	20.3	20.5	21.0	19.8	20.0	20.3	20.5	21.0		
Variedad de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+1.3 / -4.1					+1.3 / -4.1					
S = 1.5H		+3.3 / -10.6					+3.3 / -10.6					
S = 2.0H		+5.2 / -14.5					+5.2 / -14.5					
Tabla estándar		5000					5000					
Sumando de corrección		0.3					0.3					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 2200lm/Ra/o luminaria total												

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Nave (producción - almacén) / Resumen



Altura del local: 12.000 m, Altura de montaje: 11.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:844

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	186	58	217	0.313
Suelo	20	185	64	211	0.345
Techo	70	35	23	40	0.653
Paredes (8)	50	64	24	201	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	92	Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150 R +ZPK150 GC (1.000)	22000	426.0

Total: 2024000 39192.0

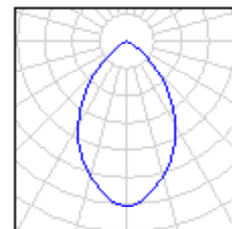
Valor de eficiencia energética:  $5.88 \text{ W/m}^2 = 3.16 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $6663.65 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Nave (producción - almacén) / Lista de luminarias

92 Pieza    Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150  
R +ZPK150 GC  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 22000 lm  
Potencia de las luminarias: 426.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 99 100 100 75  
Lámpara: 1 x HPL-N400W (Factor de corrección  
1.000).

Dispone de una imagen  
de la luminaria en  
nuestro catálogo de  
luminarias.



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Nave (producción - almacén) / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 2024000 lm  
Potencia total: 39192.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	159	27	186	/	/
Suelo	158	27	185	20	12
Techo	0.00	35	35	70	7.74
Pared 1	40	28	68	50	11
Pared 2	12	26	38	50	6.09
Pared 3	14	28	42	50	6.65
Pared 4	25	30	55	50	8.69
Pared 5	43	30	73	50	12
Pared 6	27	30	57	50	9.07
Pared 7	43	30	73	50	12
Pared 8	27	29	57	50	9.03

Simetrías en el plano útil

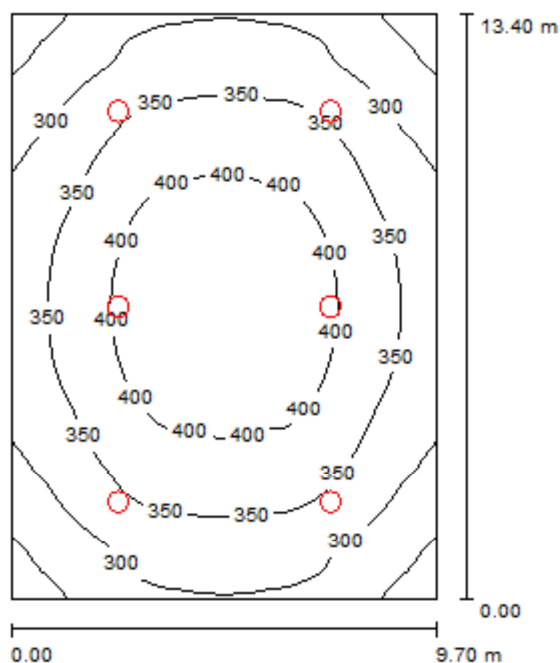
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.313 (1:3)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.269 (1:4)

Valor de eficiencia energética:  $5.88 \text{ W/m}^2 = 3.16 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $6663.65 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Mantenimiento / Resumen



Altura del local: 12.000 m, Altura de montaje: 11.400 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:173

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	348	223	434	0.642
Suelo	20	327	223	402	0.683
Techo	70	66	47	77	0.723
Paredes (4)	50	152	48	285	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150 R +ZPK150 GC (1.000)	22000	426.0
Total:			132000	2556.0

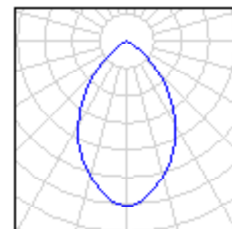
Valor de eficiencia energética:  $19.66 \text{ W/m}^2 = 5.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $129.98 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Mantenimiento / Lista de luminarias

6 Pieza      Philips HPK150 1xHPL-N400W P-NB +GPK150  
R +ZPK150 GC  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 22000 lm  
Potencia de las luminarias: 426.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 80 99 100 100 75  
Lámpara: 1 x HPL-N400W (Factor de corrección  
1.000).

Dispone de una imagen  
de la luminaria en  
nuestro catálogo de  
luminarias.





Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Mantenimiento / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 132000 lm  
Potencia total: 2556.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	274	74	348	/	/
Suelo	253	74	327	20	21
Techo	0.00	66	66	70	15
Pared 1	82	69	150	50	24
Pared 2	84	70	154	50	25
Pared 3	82	69	150	50	24
Pared 4	84	69	153	50	24

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.642 (1:2)

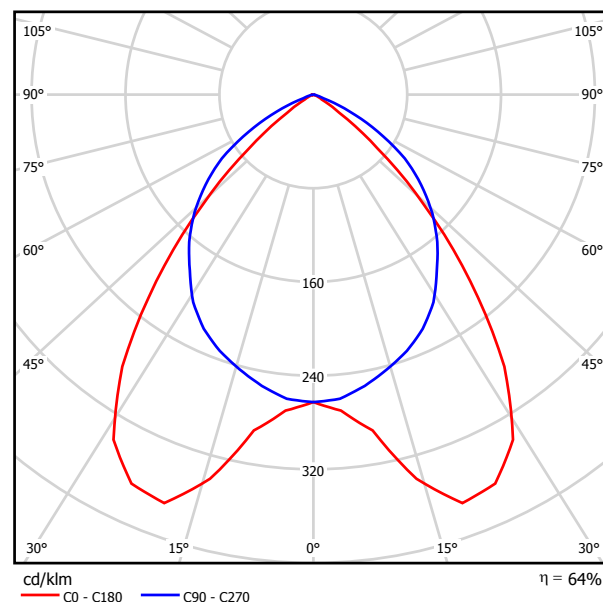
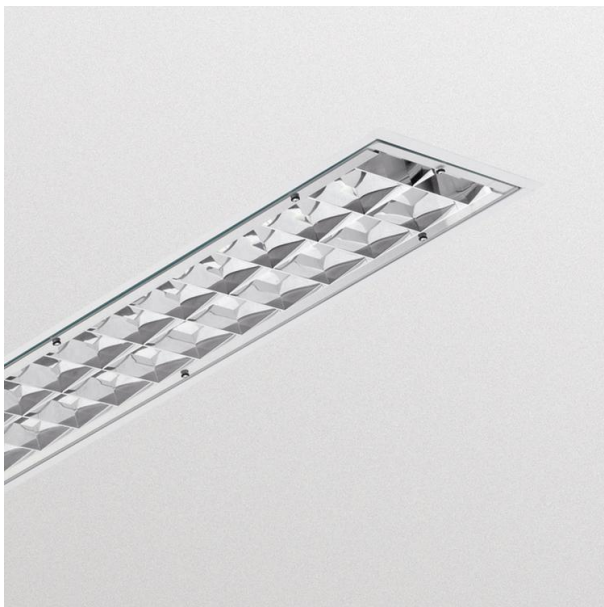
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.515 (1:2)

Valor de eficiencia energética:  $19.66 \text{ W/m}^2 = 5.65 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $129.98 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



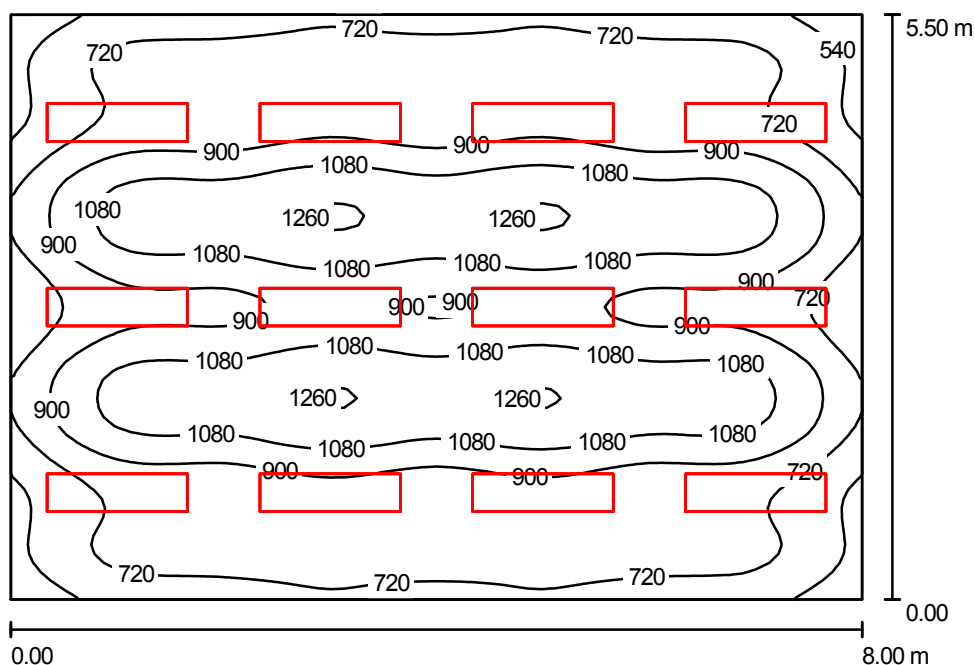
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 69 97 100 100 64

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR										
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	13.6	14.6	13.9	14.8	15.1	16.5	17.6	16.8	17.8
	3H	13.5	14.4	13.8	14.6	14.9	16.6	17.5	16.9	17.8
	4H	13.4	14.3	13.7	14.5	14.8	16.6	17.4	16.9	17.7
	6H	13.3	14.1	13.7	14.4	14.7	16.5	17.3	16.8	17.5
	8H	13.3	14.0	13.7	14.3	14.6	16.4	17.2	16.8	17.5
	12H	13.3	14.0	13.6	14.3	14.6	16.4	17.1	16.8	17.4
4H	2H	13.8	14.6	14.1	14.9	15.1	16.4	17.3	16.7	17.5
	3H	13.6	14.3	14.0	14.6	15.0	16.5	17.2	16.9	17.5
	4H	13.6	14.2	14.0	14.5	14.9	16.5	17.1	16.8	17.4
	6H	13.5	14.0	13.9	14.4	14.8	16.4	16.9	16.8	17.3
	8H	13.5	13.9	13.9	14.3	14.7	16.4	16.8	16.8	17.2
	12H	13.4	13.8	13.9	14.2	14.7	16.3	16.7	16.8	17.1
8H	4H	13.5	13.9	13.9	14.3	14.7	16.4	16.8	16.8	17.2
	6H	13.4	13.8	13.9	14.2	14.6	16.3	16.7	16.7	17.1
	8H	13.4	13.7	13.8	14.1	14.6	16.2	16.6	16.7	17.0
	12H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
	4H	13.4	13.9	13.9	14.3	14.7	16.3	16.7	16.8	17.1
	6H	13.4	13.7	13.8	14.1	14.6	16.2	16.6	16.7	17.0
12H	8H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
	12H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias										
S = 1.0H	+1.8 / -5.4					+1.0 / -1.4				
S = 1.5H	+3.2 / -11.9					+1.6 / -3.2				
S = 2.0H	+4.9 / -14.5					+3.3 / -7.9				
Tabla estándar	BK00					BK00				
Sumando de corrección	-6.3					-3.4				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6700lm Flujo luminoso total										

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestíbulo / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.610 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:71

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	896	407	1281	0.455
Suelo	20	791	442	1097	0.559
Techo	70	157	117	185	0.747
Paredes (4)	50	326	120	557	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

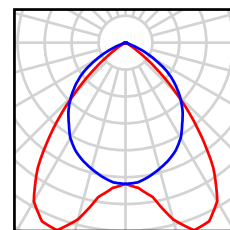
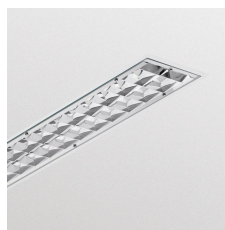
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	12	Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT (1.000)	6700	72.0
Total:			80400	864.0

Valor de eficiencia energética:  $19.64 \text{ W/m}^2 = 2.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $44.00 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestíbulo / Lista de luminarias

12 Pieza    Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 6700 lm  
Potencia de las luminarias: 72.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 69 97 100 100 64  
Armamento: 2 x TL-D36W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestíbulo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 80400 lm  
Potencia total: 864.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	769	127	896	/	/
Suelo	650	141	791	20	50
Techo	0.00	157	157	70	35
Pared 1	169	141	311	50	49
Pared 2	210	139	348	50	55
Pared 3	168	141	309	50	49
Pared 4	210	141	351	50	56

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.455 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.318 (1:3)

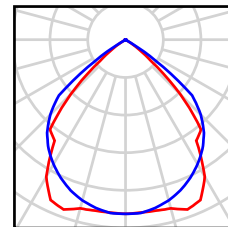
Valor de eficiencia energética:  $19.64 \text{ W/m}^2 = 2.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $44.00 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

---

**Dirección / Lista de luminarias**

15 Pieza    Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 8600 lm  
Potencia de las luminarias: 108.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 73 100 100 100 70  
Armamento: 2 x TL5-49W/840 (Factor de  
corrección 1.000).



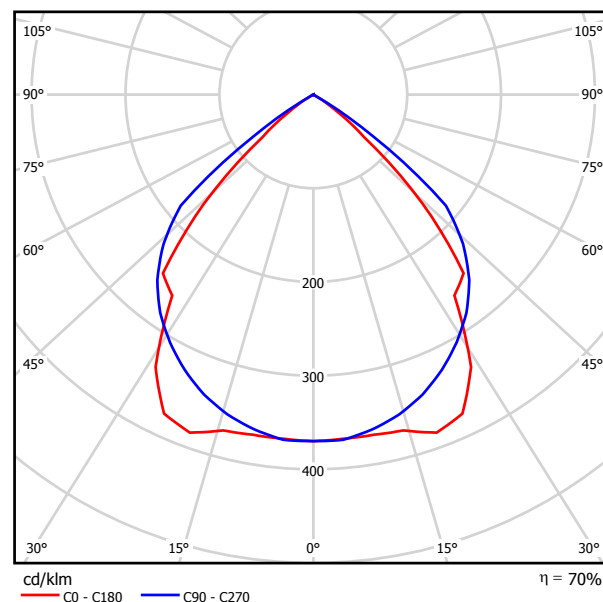
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 73 100 100 100 70

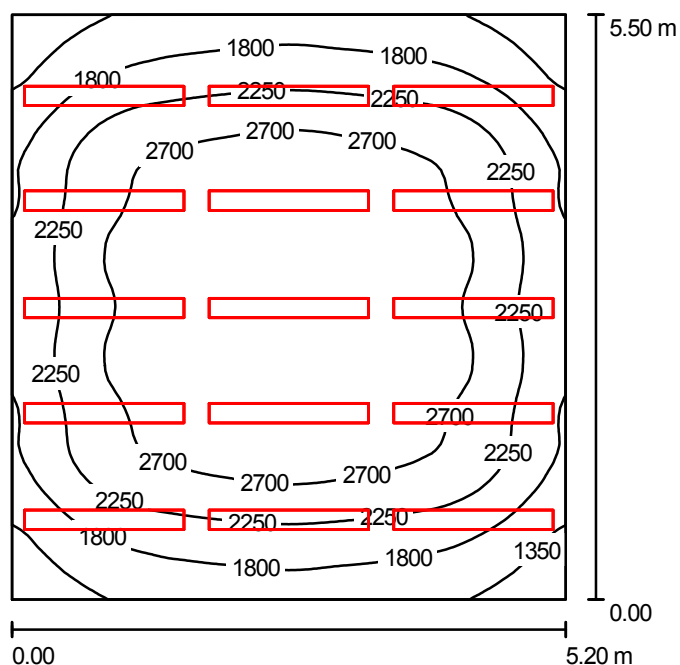


Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	18.0	18.9	18.2	19.1	19.3	19.8	20.8	20.1	21.0	21.2
	3H	17.8	18.7	18.1	18.9	19.2	19.7	20.5	20.0	20.8	21.0
	4H	17.8	18.5	18.1	18.8	19.1	19.6	20.4	19.9	20.7	20.9
	6H	17.7	18.4	18.0	18.7	19.0	19.5	20.3	19.9	20.5	20.8
	8H	17.6	18.3	18.0	18.6	18.9	19.5	20.2	19.8	20.5	20.8
	12H	17.6	18.3	18.0	18.6	18.9	19.5	20.1	19.8	20.4	20.7
4H	2H	17.9	18.7	18.2	18.9	19.2	19.7	20.4	20.0	20.7	21.0
	3H	17.7	18.4	18.1	18.7	19.0	19.5	20.2	19.9	20.5	20.8
	4H	17.7	18.2	18.1	18.6	18.9	19.4	20.0	19.8	20.3	20.7
	6H	17.6	18.1	18.0	18.5	18.8	19.4	19.8	19.8	20.2	20.6
	8H	17.6	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1	20.6
	12H	17.5	17.9	18.0	18.3	18.7	19.3	19.7	19.7	20.1	20.5
8H	4H	17.6	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1	20.6
	6H	17.5	17.8	17.9	18.3	18.7	19.2	19.6	19.7	20.0	20.5
	8H	17.4	17.7	17.9	18.2	18.7	19.2	19.5	19.7	19.9	20.4
	12H	17.4	17.7	17.9	18.1	18.6	19.1	19.4	19.6	19.9	20.4
12H	4H	17.5	17.9	18.0	18.3	18.7	19.3	19.7	19.7	20.1	20.5
	6H	17.4	17.7	17.9	18.2	18.7	19.2	19.5	19.7	19.9	20.4
	8H	17.4	17.7	17.9	18.1	18.6	19.1	19.4	19.6	19.9	20.4
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+1.9 / -6.5					+1.4 / -2.6				
S = 1.5H		+3.7 / -23.8					+3.1 / -30.8				
S = 2.0H		+5.7 / -39.8					+5.1 / -91.7				
Tabla estándar		BK00					BK00				
Sumando de corrección		-1.8					-0.0				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 8600lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Dirección / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.615 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:71

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	2329	930	3146	0.399
Suelo	20	2037	1073	2859	0.527
Techo	70	399	300	456	0.752
Paredes (4)	50	808	291	1712	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	15	Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6 (1.000)	8600	108.0
Total:			129000	1620.0

Valor de eficiencia energética:  $56.64 \text{ W/m}^2 = 2.43 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $28.60 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Dirección / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 129000 lm  
Potencia total: 1620.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1999	330	2329	/	/
Suelo	1678	359	2037	20	130
Techo	0.00	399	399	70	89
Pared 1	380	359	739	50	118
Pared 2	520	354	874	50	139
Pared 3	376	360	736	50	117
Pared 4	520	354	874	50	139

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.399 (1:3)

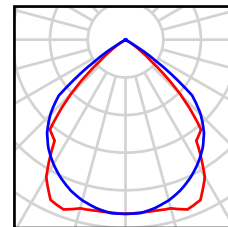
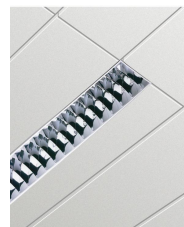
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.296 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $56.64 \text{ W/m}^2 = 2.43 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $28.60 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Oficinas / Lista de luminarias

20 Pieza    Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 8600 lm  
Potencia de las luminarias: 108.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 73 100 100 100 70  
Armamento: 2 x TL5-49W/840 (Factor de  
corrección 1.000).



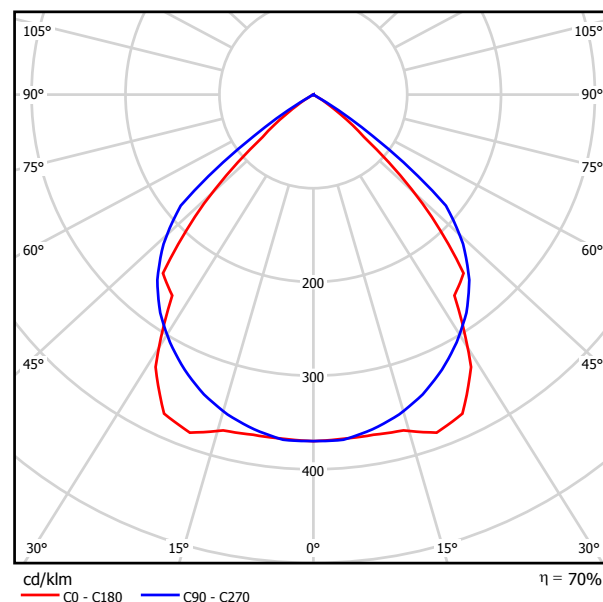
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 73 100 100 100 70

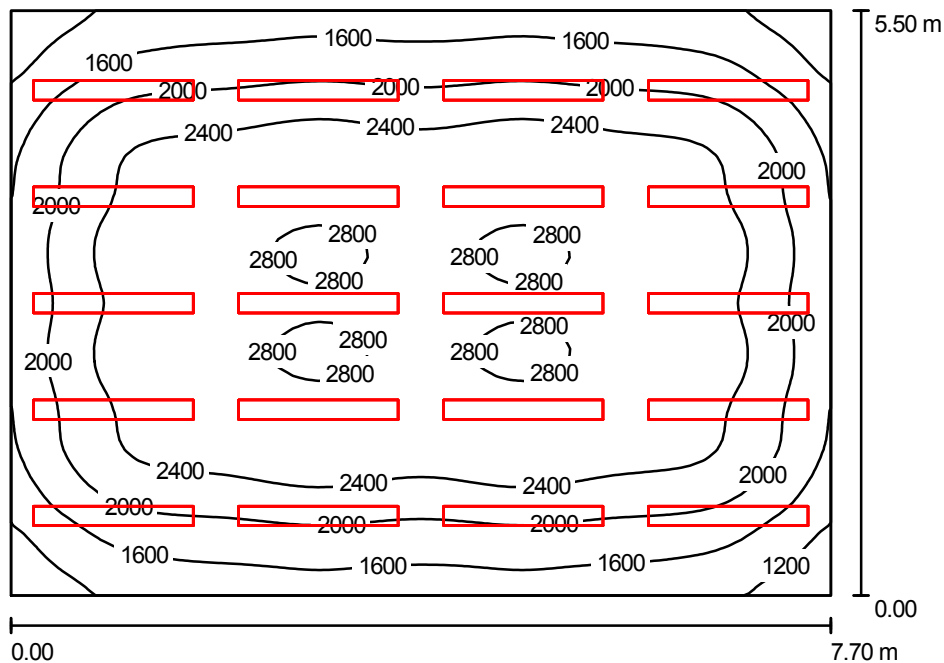


Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
		70	70	50	50	30	30	70	70	50	50	30
p Techo		70	70	50	50	30	30	70	70	50	50	30
p Paredes		50	30	50	30	30	30	50	30	50	30	30
p Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.0	18.9	18.2	19.1	19.3	19.8	20.8	20.1	21.0	21.2	
	3H	17.8	18.7	18.1	18.9	19.2	19.7	20.5	20.0	20.8	21.0	
	4H	17.8	18.5	18.1	18.8	19.1	19.6	20.4	19.9	20.7	20.9	
	6H	17.7	18.4	18.0	18.7	19.0	19.5	20.3	19.9	20.5	20.8	
	8H	17.6	18.3	18.0	18.6	18.9	19.5	20.2	19.8	20.5	20.8	
	12H	17.6	18.3	18.0	18.6	18.9	19.5	20.1	19.8	20.4	20.7	
4H	2H	17.9	18.7	18.2	18.9	19.2	19.7	20.4	20.0	20.7	21.0	
	3H	17.7	18.4	18.1	18.7	19.0	19.5	20.2	19.9	20.5	20.8	
	4H	17.7	18.2	18.1	18.6	18.9	19.4	20.0	19.8	20.3	20.7	
	6H	17.6	18.1	18.0	18.5	18.8	19.4	19.8	19.8	20.2	20.6	
	8H	17.6	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1	20.6	
	12H	17.5	17.9	18.0	18.3	18.7	19.3	19.7	19.7	20.1	20.5	
8H	4H	17.6	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1	20.6	
	6H	17.5	17.8	17.9	18.3	18.7	19.2	19.6	19.7	20.0	20.5	
	8H	17.4	17.7	17.9	18.2	18.7	19.2	19.5	19.7	19.9	20.4	
	12H	17.4	17.7	17.9	18.1	18.6	19.1	19.4	19.6	19.9	20.4	
12H	4H	17.5	17.9	18.0	18.3	18.7	19.3	19.7	19.7	20.1	20.5	
	6H	17.4	17.7	17.9	18.2	18.7	19.2	19.5	19.7	19.9	20.4	
	8H	17.4	17.7	17.9	18.1	18.6	19.1	19.4	19.6	19.9	20.4	
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1.0H		+1.9 / -6.5					+1.4 / -2.6					
S = 1.5H		+3.7 / -23.8					+3.1 / -30.8					
S = 2.0H		+5.7 / -39.8					+5.1 / -91.7					
Tabla estándar		BK00					BK00					
Sumando de corrección		-1.8					-0.0					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 8600lm Flujo luminoso total												

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Oficinas / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.615 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:71

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	2194	865	2858	0.394
Suelo	20	1969	978	2716	0.497
Techo	70	375	288	449	0.768
Paredes (4)	50	734	277	1129	/

## Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

## Lista de piezas - Luminarias

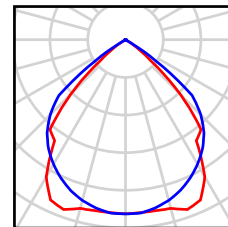
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	20	Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6 (1.000)	8600	108.0
Total:			172000	2160.0

Valor de eficiencia energética:  $51.00 \text{ W/m}^2 = 2.33 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $42.35 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Oficinas / Lista de luminarias

20 Pieza    Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 8600 lm  
Potencia de las luminarias: 108.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 73 100 100 100 70  
Armamento: 2 x TL5-49W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Oficinas / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 172000 lm  
Potencia total: 2160.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1896	298	2194	/	/
Suelo	1645	324	1969	20	125
Techo	0.00	375	375	70	84
Pared 1	361	335	696	50	111
Pared 2	458	327	785	50	125
Pared 3	361	337	698	50	111
Pared 4	458	328	787	50	125

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.394 (1:3)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.303 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $51.00 \text{ W/m}^2 = 2.33 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $42.35 \text{ m}^2$ )

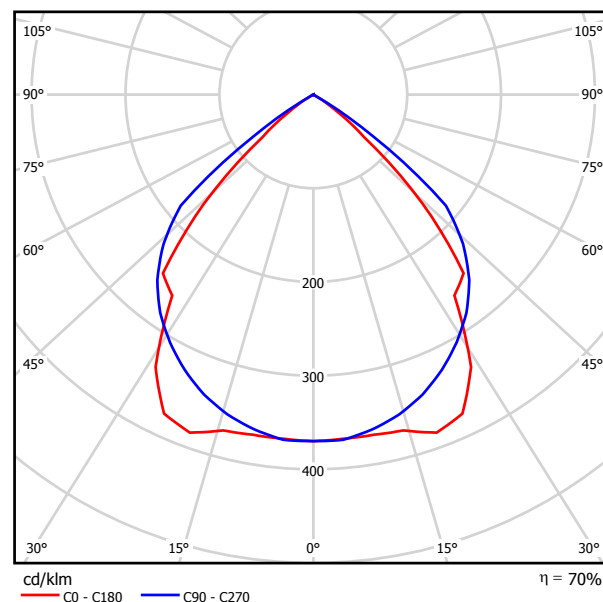
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 73 100 100 100 70

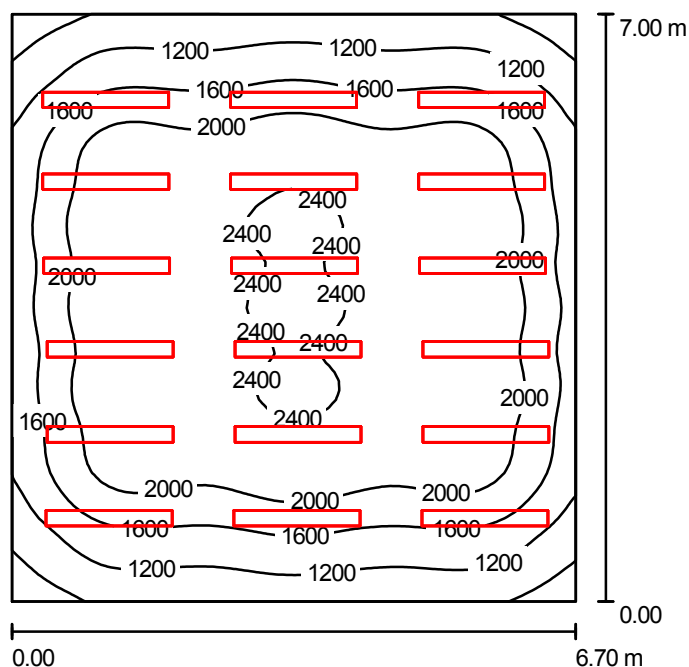


Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	18.0	18.9	18.2	19.1	19.3	19.8	20.8	20.1	21.0	21.2
	3H	17.8	18.7	18.1	18.9	19.2	19.7	20.5	20.0	20.8	21.0
	4H	17.8	18.5	18.1	18.8	19.1	19.6	20.4	19.9	20.7	20.9
	6H	17.7	18.4	18.0	18.7	19.0	19.5	20.3	19.9	20.5	20.8
	8H	17.6	18.3	18.0	18.6	18.9	19.5	20.2	19.8	20.5	20.8
	12H	17.6	18.3	18.0	18.6	18.9	19.5	20.1	19.8	20.4	20.7
4H	2H	17.9	18.7	18.2	18.9	19.2	19.7	20.4	20.0	20.7	21.0
	3H	17.7	18.4	18.1	18.7	19.0	19.5	20.2	19.9	20.5	20.8
	4H	17.7	18.2	18.1	18.6	18.9	19.4	20.0	19.8	20.3	20.7
	6H	17.6	18.1	18.0	18.5	18.8	19.4	19.8	19.8	20.2	20.6
	8H	17.6	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1	20.6
	12H	17.5	17.9	18.0	18.3	18.7	19.3	19.7	19.7	20.1	20.5
8H	4H	17.6	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1	20.6
	6H	17.5	17.8	17.9	18.3	18.7	19.2	19.6	19.7	20.0	20.5
	8H	17.4	17.7	17.9	18.2	18.7	19.2	19.5	19.7	19.9	20.4
	12H	17.4	17.7	17.9	18.1	18.6	19.1	19.4	19.6	19.9	20.4
12H	4H	17.5	17.9	18.0	18.3	18.7	19.3	19.7	19.7	20.1	20.5
	6H	17.4	17.7	17.9	18.2	18.7	19.2	19.5	19.7	19.9	20.4
	8H	17.4	17.7	17.9	18.1	18.6	19.1	19.4	19.6	19.9	20.4
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+1.9 / -6.5					+1.4 / -2.6				
S = 1.5H		+3.7 / -23.8					+3.1 / -30.8				
S = 2.0H		+5.7 / -39.8					+5.1 / -91.7				
Tabla estándar		BK00					BK00				
Sumando de corrección		-1.8					-0.0				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 8600lm Flujo luminoso total											

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Lab Diseño y Calidad / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.615 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:90

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1838	546	2519	0.297
Suelo	20	1662	730	2375	0.439
Techo	70	306	205	354	0.672
Paredes (4)	50	565	214	954	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	18	Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6 (1.000)	8600	108.0
Total:			154800	1944.0

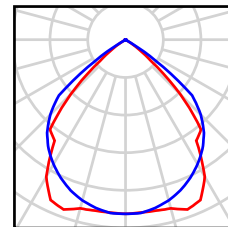
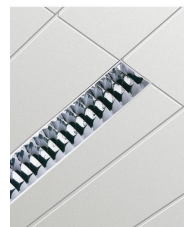
Valor de eficiencia energética:  $41.45 \text{ W/m}^2 = 2.26 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $46.90 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Lab Diseño y Calidad / Lista de luminarias

18 Pieza Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 8600 lm  
Potencia de las luminarias: 108.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 73 100 100 100 70  
Armamento: 2 x TL5-49W/840 (Factor de corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Lab Diseño y Calidad / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 154800 lm  
Potencia total: 1944.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1604	234	1838	/	/
Suelo	1406	256	1662	20	106
Techo	0.00	306	306	70	68
Pared 1	231	265	496	50	79
Pared 2	380	264	644	50	102
Pared 3	225	266	492	50	78
Pared 4	362	262	624	50	99

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.297 (1:3)

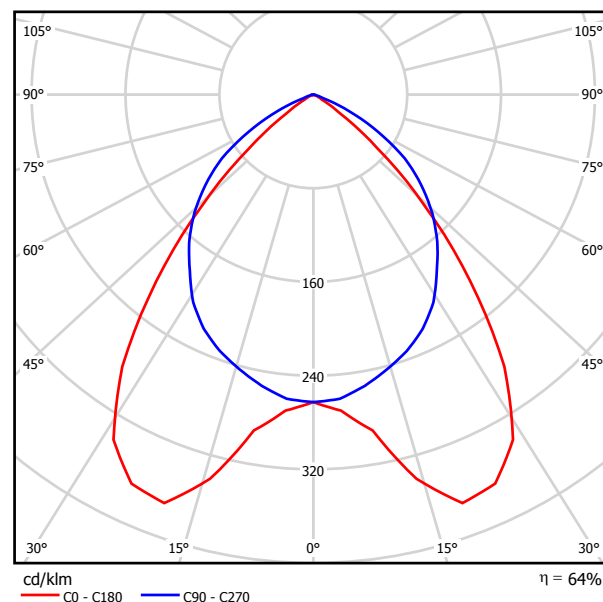
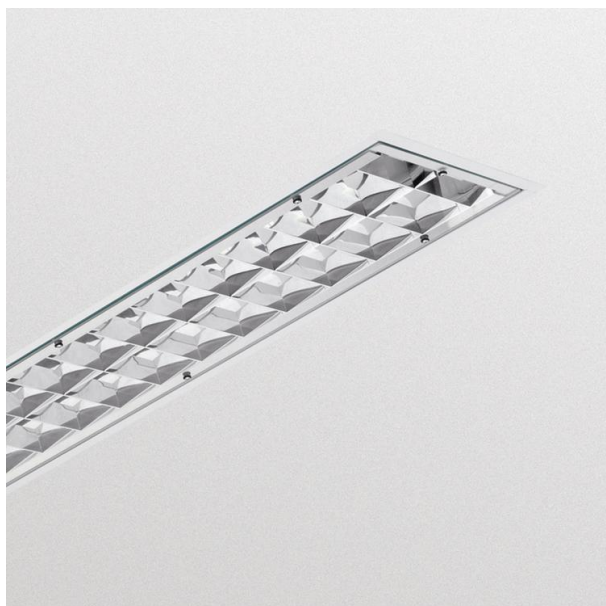
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.217 (1:5)

Valor de eficiencia energética:  $41.45 \text{ W/m}^2 = 2.26 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $46.90 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



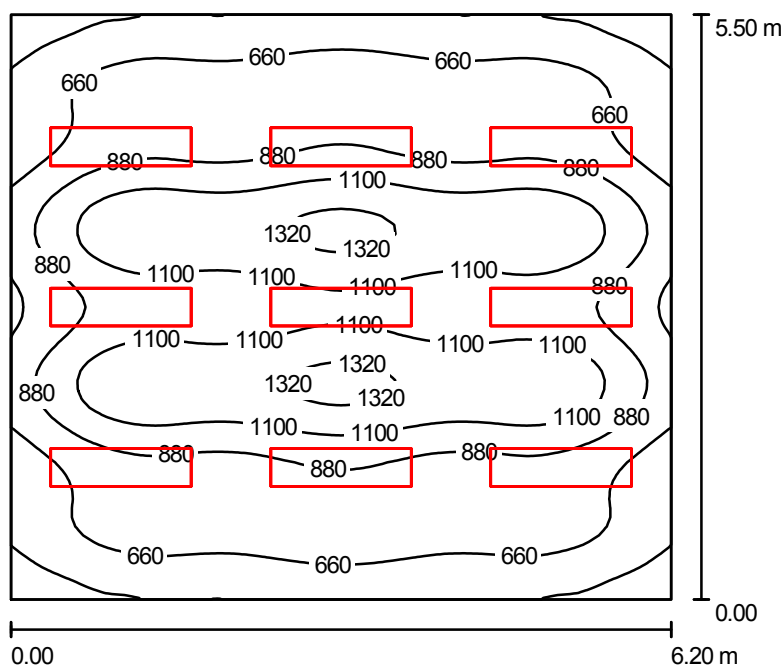
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 69 97 100 100 64

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR										
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	13.6	14.6	13.9	14.8	15.1	16.5	17.6	16.8	17.8
	3H	13.5	14.4	13.8	14.6	14.9	16.6	17.5	16.9	17.8
	4H	13.4	14.3	13.7	14.5	14.8	16.6	17.4	16.9	17.7
	6H	13.3	14.1	13.7	14.4	14.7	16.5	17.3	16.8	17.5
	8H	13.3	14.0	13.7	14.3	14.6	16.4	17.2	16.8	17.5
	12H	13.3	14.0	13.6	14.3	14.6	16.4	17.1	16.8	17.4
4H	2H	13.8	14.6	14.1	14.9	15.1	16.4	17.3	16.7	17.5
	3H	13.6	14.3	14.0	14.6	15.0	16.5	17.2	16.9	17.5
	4H	13.6	14.2	14.0	14.5	14.9	16.5	17.1	16.8	17.4
	6H	13.5	14.0	13.9	14.4	14.8	16.4	16.9	16.8	17.3
	8H	13.5	13.9	13.9	14.3	14.7	16.4	16.8	16.8	17.2
	12H	13.4	13.8	13.9	14.2	14.7	16.3	16.7	16.8	17.1
8H	4H	13.5	13.9	13.9	14.3	14.7	16.4	16.8	16.8	17.2
	6H	13.4	13.8	13.9	14.2	14.6	16.3	16.7	16.7	17.1
	8H	13.4	13.7	13.8	14.1	14.6	16.2	16.6	16.7	17.0
	12H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
	4H	13.4	13.9	13.9	14.3	14.7	16.3	16.7	16.8	17.1
	6H	13.4	13.7	13.8	14.1	14.6	16.2	16.6	16.7	17.0
12H	8H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
	12H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias										
S = 1.0H	+1.8 / -5.4					+1.0 / -1.4				
S = 1.5H	+3.2 / -11.9					+1.6 / -3.2				
S = 2.0H	+4.9 / -14.5					+3.3 / -7.9				
Tabla estándar	BK00					BK00				
Sumando de corrección	-6.3					-3.4				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6700lm Flujo luminoso total										

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario 1 / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.610 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:71

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	868	295	1381	0.339
Suelo	20	756	398	1084	0.526
Techo	70	145	106	165	0.733
Paredes (4)	50	292	104	522	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

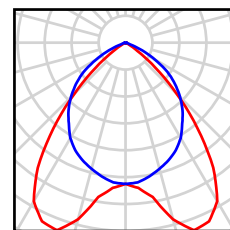
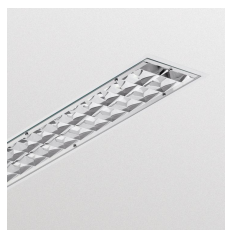
Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	9	Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT (1.000)	6700	72.0
Total:			60300	648.0

Valor de eficiencia energética:  $19.00 \text{ W/m}^2 = 2.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $34.10 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario 1 / Lista de luminarias

9 Pieza      Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 6700 lm  
Potencia de las luminarias: 72.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 69 97 100 100 64  
Armamento: 2 x TL-D36W/840 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario 1 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 60300 lm  
Potencia total: 648.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	753	115	868	/	/
Suelo	626	131	756	20	48
Techo	0.00	145	145	70	32
Pared 1	123	131	254	50	40
Pared 2	206	127	333	50	53
Pared 3	123	132	255	50	41
Pared 4	206	127	334	50	53

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.339 (1:3)

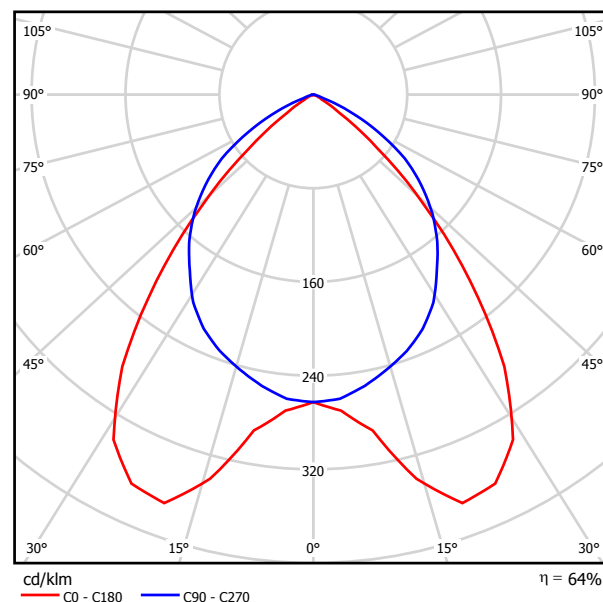
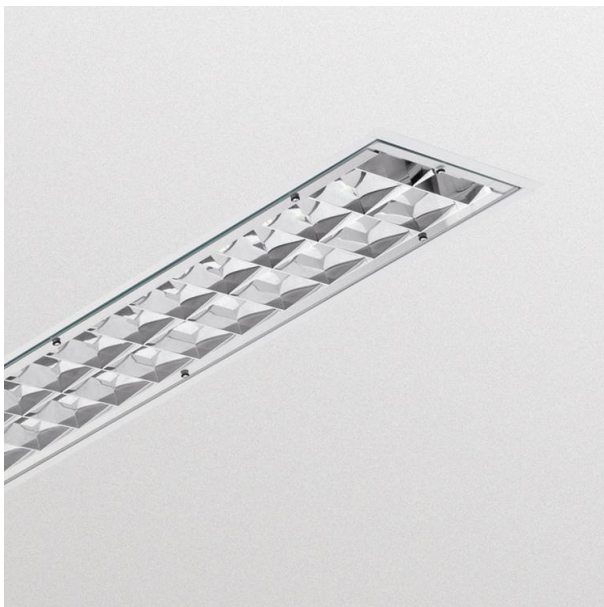
$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.213 (1:5)

Valor de eficiencia energética:  $19.00 \text{ W/m}^2 = 2.19 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $34.10 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



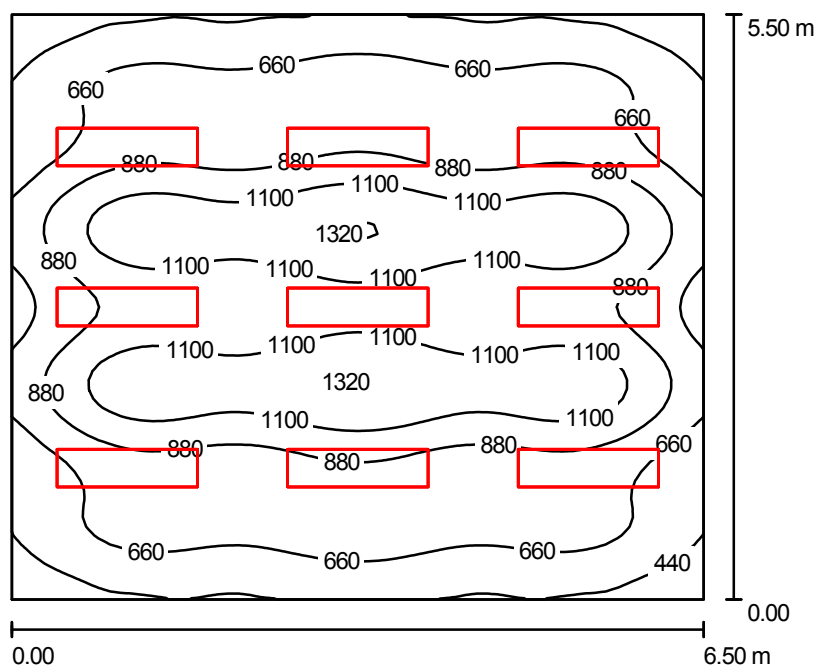
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 69 97 100 100 64

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR										
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	13.6	14.6	13.9	14.8	15.1	16.5	17.6	16.8	17.8
	3H	13.5	14.4	13.8	14.6	14.9	16.6	17.5	16.9	17.8
	4H	13.4	14.3	13.7	14.5	14.8	16.6	17.4	16.9	17.7
	6H	13.3	14.1	13.7	14.4	14.7	16.5	17.3	16.8	17.5
	8H	13.3	14.0	13.7	14.3	14.6	16.4	17.2	16.8	17.5
	12H	13.3	14.0	13.6	14.3	14.6	16.4	17.1	16.8	17.4
4H	2H	13.8	14.6	14.1	14.9	15.1	16.4	17.3	16.7	17.5
	3H	13.6	14.3	14.0	14.6	15.0	16.5	17.2	16.9	17.5
	4H	13.6	14.2	14.0	14.5	14.9	16.5	17.1	16.8	17.4
	6H	13.5	14.0	13.9	14.4	14.8	16.4	16.9	16.8	17.3
	8H	13.5	13.9	13.9	14.3	14.7	16.4	16.8	16.8	17.2
	12H	13.4	13.8	13.9	14.2	14.7	16.3	16.7	16.8	17.1
8H	4H	13.5	13.9	13.9	14.3	14.7	16.4	16.8	16.8	17.2
	6H	13.4	13.8	13.9	14.2	14.6	16.3	16.7	16.7	17.1
	8H	13.4	13.7	13.8	14.1	14.6	16.2	16.6	16.7	17.0
	12H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
12H	4H	13.4	13.9	13.9	14.3	14.7	16.3	16.7	16.8	17.1
	6H	13.4	13.7	13.8	14.1	14.6	16.2	16.6	16.7	17.0
	8H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias										
S = 1.0H	+1.8 / -5.4					+1.0 / -1.4				
S = 1.5H	+3.2 / -11.9					+1.6 / -3.2				
S = 2.0H	+4.9 / -14.5					+3.3 / -7.9				
Tabla estándar	BK00					BK00				
Sumando de corrección	-6.3					-3.4				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6700lm Flujo luminoso total										

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario 2 / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.610 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:71

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	834	279	1337	0.335
Suelo	20	728	379	1045	0.520
Techo	70	139	101	173	0.731
Paredes (4)	50	277	101	496	/

### Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

### Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	9	Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT (1.000)	6700	72.0
Total:			60300	648.0

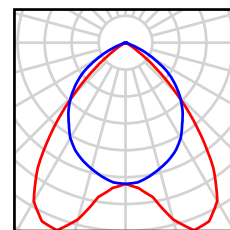
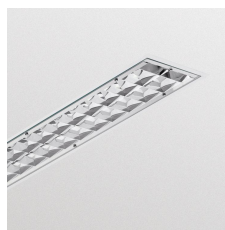
Valor de eficiencia energética:  $18.13 \text{ W/m}^2 = 2.17 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $35.75 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario 2 / Lista de luminarias

9 Pieza      Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 6700 lm  
Potencia de las luminarias: 72.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 69 97 100 100 64  
Armamento: 2 x TL-D36W/840 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Vestuario 2 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 60300 lm  
Potencia total: 648.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	725	109	834	/	/
Suelo	604	124	728	20	46
Techo	0.00	139	139	70	31
Pared 1	120	125	245	50	39
Pared 2	195	122	317	50	50
Pared 3	118	125	243	50	39
Pared 4	195	122	317	50	50

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.335 (1:3)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.209 (1:5)

Valor de eficiencia energética:  $18.13 \text{ W/m}^2 = 2.17 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $35.75 \text{ m}^2$ )

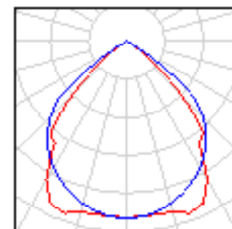
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

---

**Oficina encargado / Lista de luminarias**

---

4 Pieza      Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 8600 lm  
Potencia de las luminarias: 108.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 73 100 100 100 70  
Lámpara: 2 x TL5-49W/840 (Factor de corrección  
1.000).



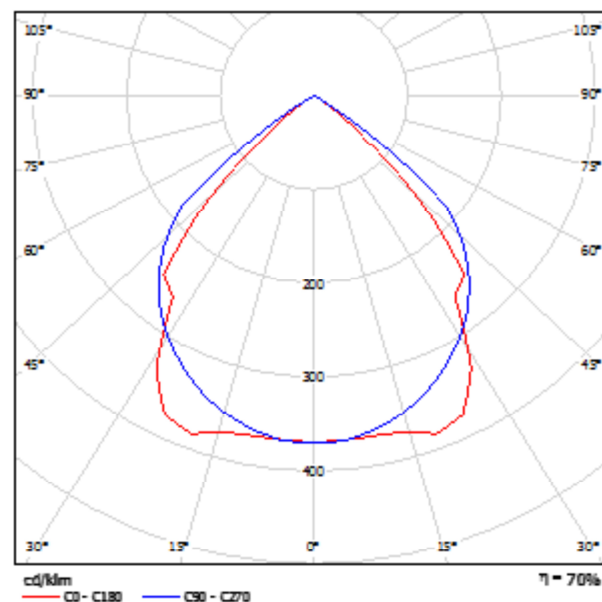
Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 73 100 100 100 70

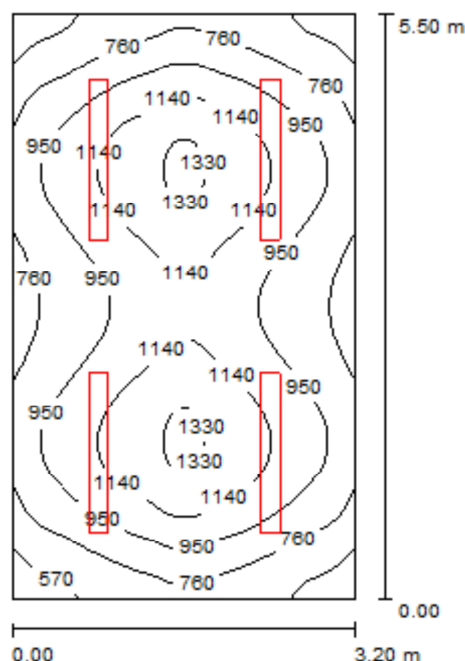


Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR										
α Techo	70	70	90	90	90	70	70	90	90	90
α Paredes	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
α Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	18.0	18.9	18.2	19.1	19.3	19.8	20.8	20.1	21.0
	3H	17.8	18.7	18.1	18.9	19.2	19.7	20.5	20.0	20.8
	4H	17.8	18.5	18.1	18.8	19.1	19.6	20.4	19.9	20.7
	8H	17.7	18.4	18.0	18.7	19.0	19.5	20.3	19.8	20.6
	12H	17.8	18.3	18.0	18.6	18.9	19.4	20.2	19.8	20.5
4H	2H	17.9	18.7	18.2	19.0	19.2	19.7	20.4	20.0	20.7
	3H	17.7	18.4	18.1	18.7	19.0	19.5	20.2	19.8	20.5
	4H	17.7	18.2	18.1	18.6	18.9	19.4	20.0	19.6	20.3
	8H	17.8	18.1	18.0	18.5	18.8	19.4	19.8	19.5	20.2
	12H	17.8	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1
8H	2H	17.8	18.3	18.0	18.6	18.9	19.5	20.1	19.8	20.4
	3H	17.8	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1
	4H	17.8	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1
	8H	17.8	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1
	12H	17.8	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1
12H	4H	17.8	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.7	19.7	20.1
	8H	17.8	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1
	12H	17.8	18.0	18.0	18.4	18.8	19.3	19.8	19.7	20.1
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias										
S = 1.0H	+1.9 / -9.5					+1.4 / -12.8				
S = 1.5H	+3.7 / -25.5					+3.1 / -20.5				
S = 2.0H	+5.7 / -35.5					+5.1 / -21.7				
Tabla estándar	8000					8000				
Sumando de corrección	+1.8					+0.0				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6000 m Rjo (luminarias total)										

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Oficina encargado / Resumen



Altura del local: 2.500 m, Altura de montaje: 2.615 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:71

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	955	450	1378	0.471
Suelo	20	782	468	1011	0.599
Techo	70	154	113	176	0.737
Paredes (4)	50	337	107	680	/

## Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

## UGR

Pared izq 18  
Pared inferior 18  
(CIE, SHR = 0.25.)

Longi-

18  
18

Tran

20  
20

al eje de luminaria

## Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS318 H1L 2xTL5-49W HFP C6 (1.000)	8600	108.0
Total:			34400	432.0

Valor de eficiencia energética:  $24.55 \text{ W/m}^2 = 2.57 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $17.60 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Oficina encargado / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 34400 lm  
Potencia total: 432.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	816	139	955	/	/
Suelo	626	157	782	20	50
Techo	0.00	154	154	70	34
Pared 1	176	147	323	50	51
Pared 2	197	148	345	50	55
Pared 3	176	147	323	50	51
Pared 4	197	148	345	50	55

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.471 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.327 (1:3)

**UGR**

Pared izq

Pared inferior

(CIE, SHR = 0.25.)

Longi-

18

18

Tran

20

20

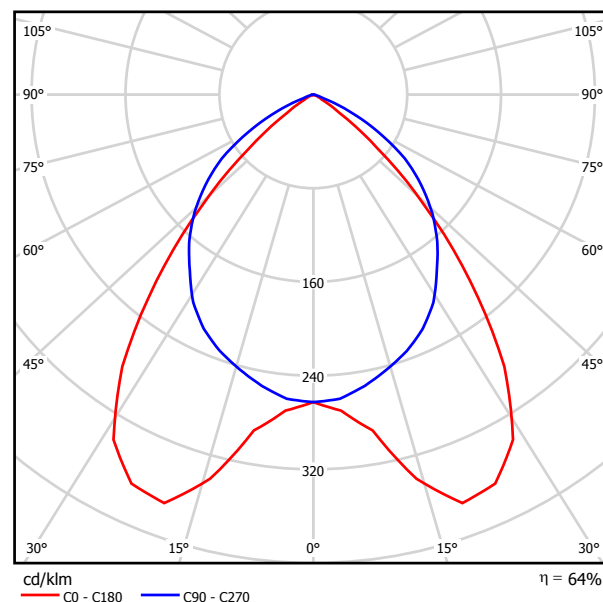
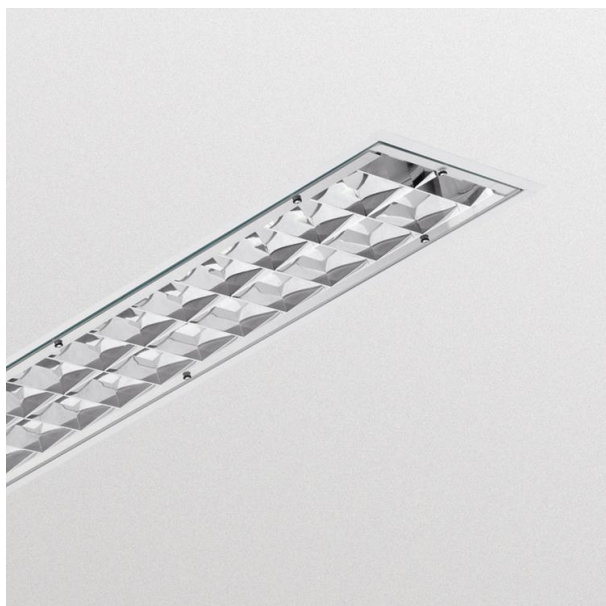
al eje de luminaria

Valor de eficiencia energética:  $24.55 \text{ W/m}^2 = 2.57 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $17.60 \text{ m}^2$ )

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



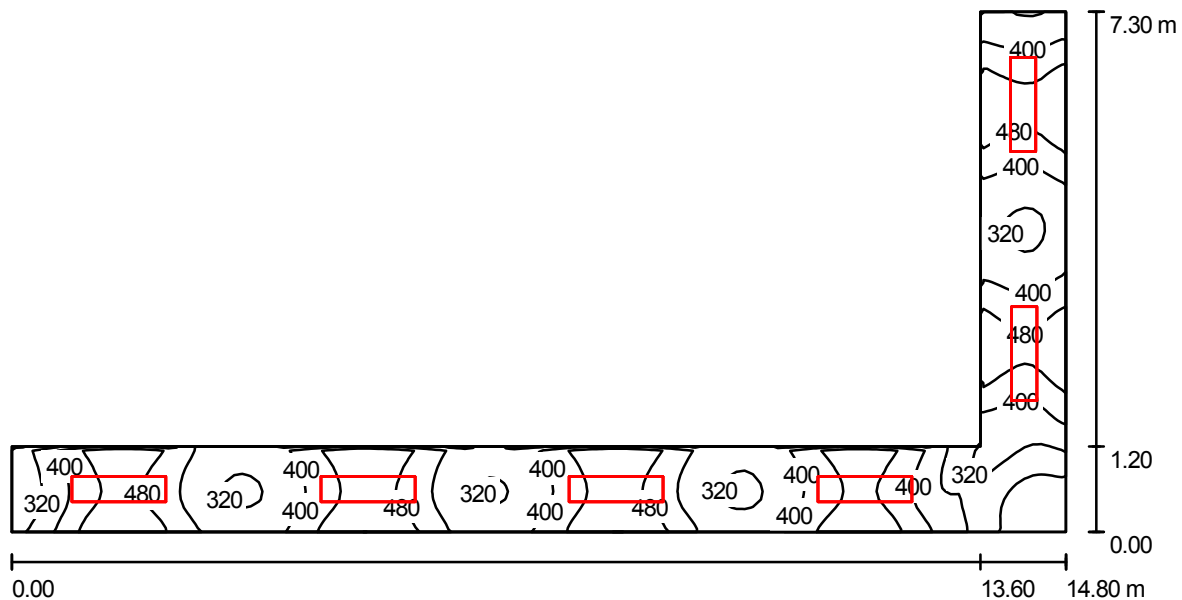
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 69 97 100 100 64

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR										
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local X Y	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	13.6	14.6	13.9	14.8	15.1	16.5	17.6	16.8	17.8
	3H	13.5	14.4	13.8	14.6	14.9	16.6	17.5	16.9	17.8
	4H	13.4	14.3	13.7	14.5	14.8	16.6	17.4	16.9	17.7
	6H	13.3	14.1	13.7	14.4	14.7	16.5	17.3	16.8	17.5
	8H	13.3	14.0	13.7	14.3	14.6	16.4	17.2	16.8	17.5
	12H	13.3	14.0	13.6	14.3	14.6	16.4	17.1	16.8	17.4
4H	2H	13.8	14.6	14.1	14.9	15.1	16.4	17.3	16.7	17.5
	3H	13.6	14.3	14.0	14.6	15.0	16.5	17.2	16.9	17.5
	4H	13.6	14.2	14.0	14.5	14.9	16.5	17.1	16.8	17.4
	6H	13.5	14.0	13.9	14.4	14.8	16.4	16.9	16.8	17.3
	8H	13.5	13.9	13.9	14.3	14.7	16.4	16.8	16.8	17.2
	12H	13.4	13.8	13.9	14.2	14.7	16.3	16.7	16.8	17.1
8H	4H	13.5	13.9	13.9	14.3	14.7	16.4	16.8	16.8	17.2
	6H	13.4	13.8	13.9	14.2	14.6	16.3	16.7	16.7	17.1
	8H	13.4	13.7	13.8	14.1	14.6	16.2	16.6	16.7	17.0
	12H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
	4H	13.4	13.9	13.9	14.3	14.7	16.3	16.7	16.8	17.1
	6H	13.4	13.7	13.8	14.1	14.6	16.2	16.6	16.7	17.0
12H	8H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
	12H	13.3	13.6	13.8	14.1	14.6	16.2	16.5	16.7	16.9
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias										
S = 1.0H	+1.8 / -5.4					+1.0 / -1.4				
S = 1.5H	+3.2 / -11.9					+1.6 / -3.2				
S = 2.0H	+4.9 / -14.5					+3.3 / -7.9				
Tabla estándar	BK00					BK00				
Sumando de corrección	-6.3					-3.4				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6700lm Flujo luminoso total										

Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.910 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:106

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	408	180	567	0.440
Suelo	20	281	193	347	0.687
Techo	70	99	54	137	0.543
Paredes (6)	50	228	68	739	/

## Plano útil:

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

## Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ [lm]	P [W]
1	6	Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT (1.000)	6700	72.0
Total:			40200	432.0

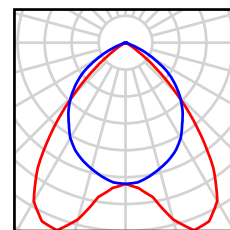
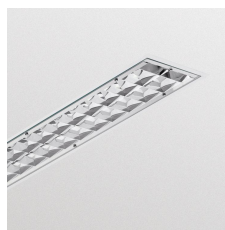
Valor de eficiencia energética:  $17.22 \text{ W/m}^2 = 4.22 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $25.08 \text{ m}^2$ )



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo / Lista de luminarias

6 Pieza      Philips TBS324 2xTL-D36W HFP C5 GT  
N° de artículo:  
Flujo luminoso de las luminarias: 6700 lm  
Potencia de las luminarias: 72.0 W  
Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 69 97 100 100 64  
Armamento: 2 x TL-D36W/840 (Factor de  
corrección 1.000).



Proyecto elaborado por  
Teléfono  
Fax  
e-Mail

## Pasillo / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 40200 lm  
Potencia total: 432.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	293	115	408	/	/
Suelo	189	92	281	20	18
Techo	0.00	99	99	70	22
Pared 1	125	99	225	50	36
Pared 2	126	97	222	50	35
Pared 3	116	103	219	50	35
Pared 4	138	101	240	50	38
Pared 5	131	103	234	50	37
Pared 6	92	95	187	50	30

Simetrías en el plano útil

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.440 (1:2)

$E_{\min} / E_{\max}$ : 0.317 (1:3)

Valor de eficiencia energética:  $17.22 \text{ W/m}^2 = 4.22 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $25.08 \text{ m}^2$ )



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN”

## PLANOS

Sergio Berges Viniegra

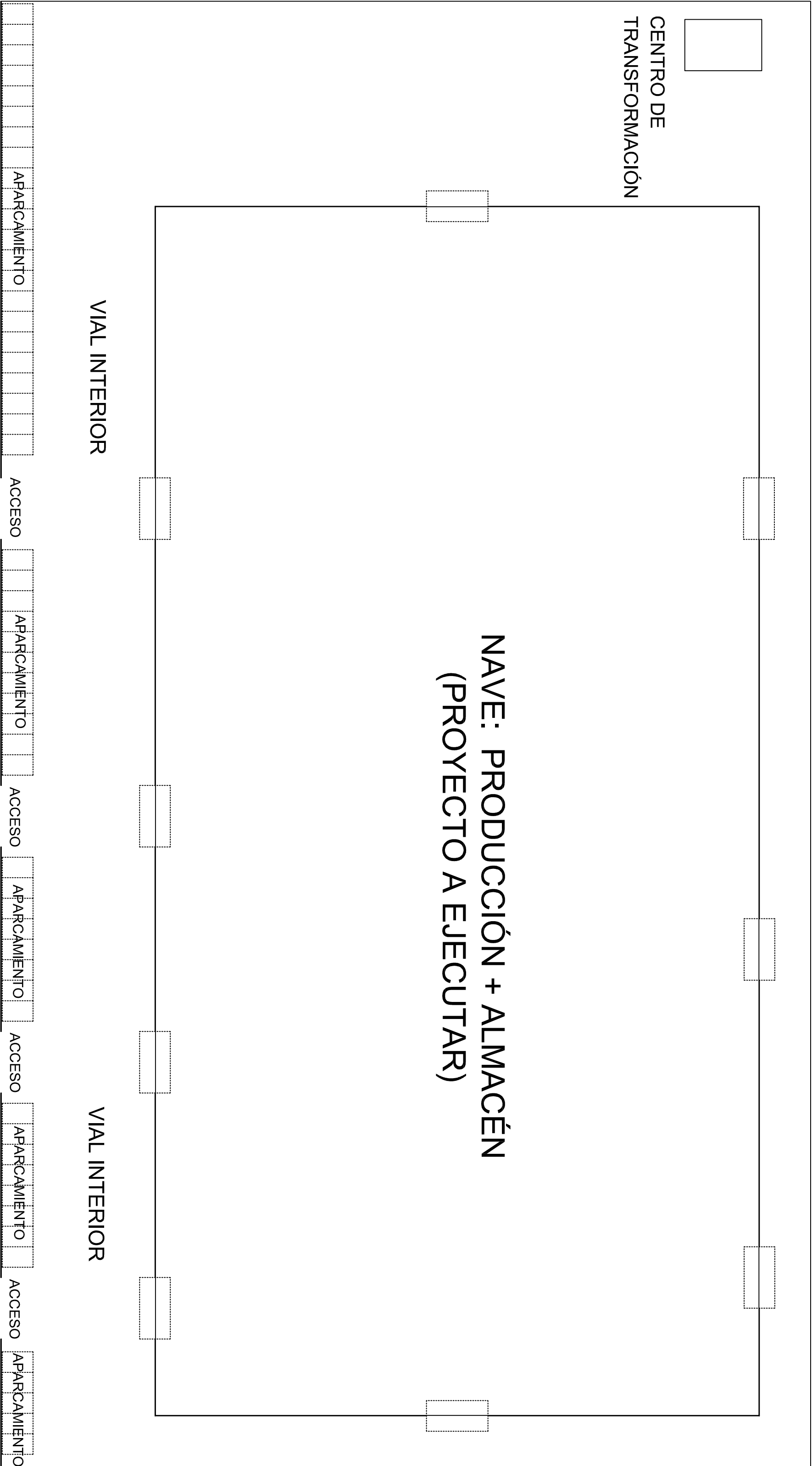
Tutor: Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Marzo 2013

# **ÍNDICE:**

## **3. Planos**

• PLANTA SITUACIÓN (A2)	1
• PLANTA NAVE (A2)	2
• ALUMBRADO INTERIOR (A2)	3
• ALUMBRADO DE EMERGENCIA (A2)	4
• ALUMBRADO EXTERIOR (A2)	5
• DISTRIBUCIÓN TOMAS DE CORRIENTE (A2)	6
• ESQUEMA UNIFILAR CGMP (A3)	7
• ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO I (A3)	8
• ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO II (A3)	9
• ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO III (A3)	10
• ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO IV (oficinas) (A2)	11
• ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO V (alumbr 1) (A2)	12
• ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO VI (alumb 2) (A2)	13
• ESQUEMA DE MANDO ALUMBRADO ZONA DE PRODUCCIÓN (A3)	14
• ESQUEMA DE MANDO ALUMBRADO ZONA DE ALMACÉN (A3)	15
• ESQUEMA DE MANDO DEL ALUMBRADO EXTERIOR (A3)	16
• ESQUEMA UNIFILAR CUADRO DE BT DEL CT (A3)	17
• ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR CT (A3)	18
• INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA (A2)	19
• REJILLADO CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (A3)	20
• DISTRIBUCIÓN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (A3)	21
• CENTRO DE TRANSFORMACIÓN UNIFILAR (A3)	22
• PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (A3)	23



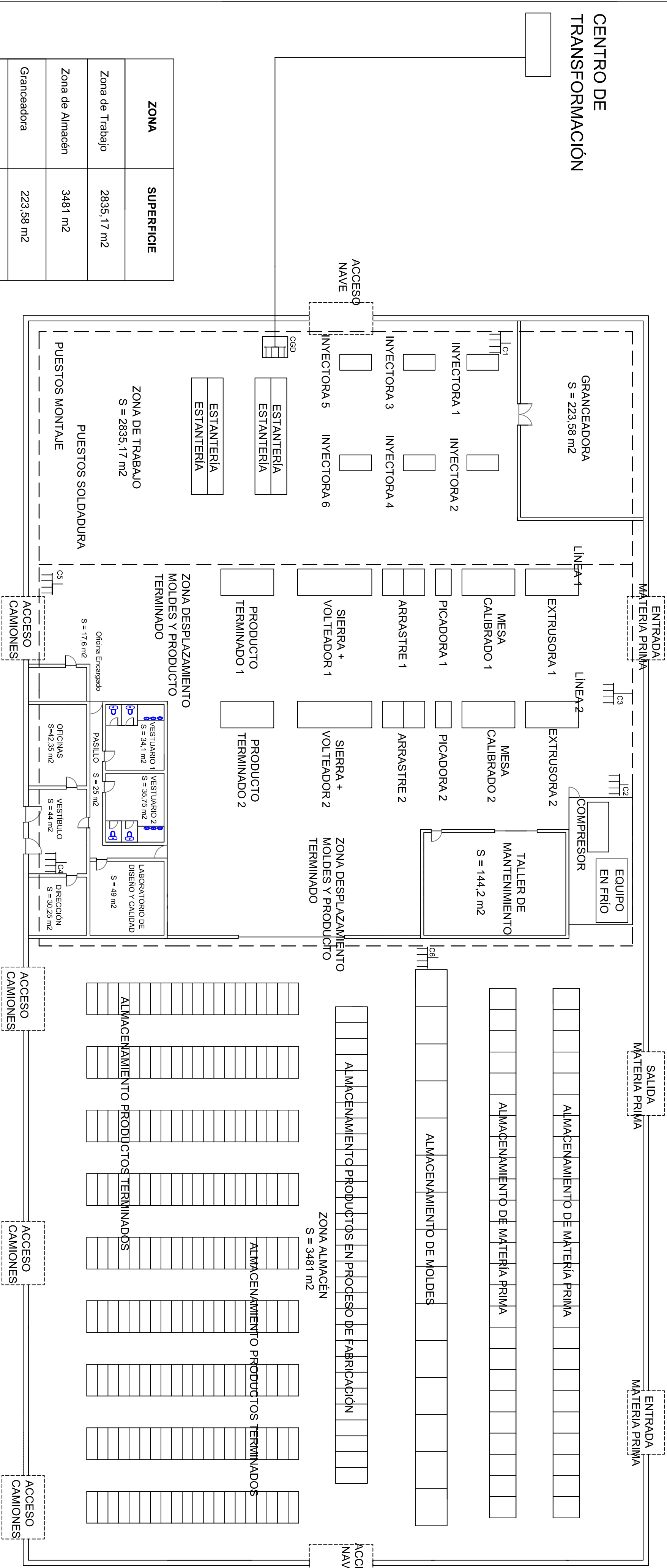
La Nave se encuentra en la Parcela sin número de la Calle C del polígono de Arazuri, en el Noroeste de Pamplona (rectángulo verde en la foto).

La parcela dispone de 11263 m2 en el que se encuentra la nave de 6962 m2.



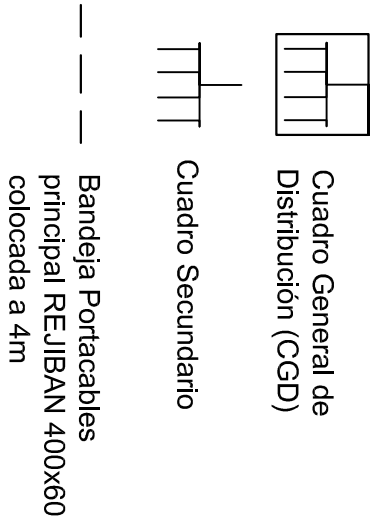
PARCELA:  
Superficie útil = 11263 m2

<div><div><div>UNIVERSITAT DE NAVARRA</div><div>UNIVERSITÄT</div><div>UNIVERSITY</div></div><div>Universidad Pública de Navarra</div><div>Unibertsitate Publikoa</div></div>		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO:		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO: BERGES, SERGIO	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT		FIRMA:			
PLANO:		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:	
PLANTA SITUACIÓN		02/2013	1 : 500	1	



CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

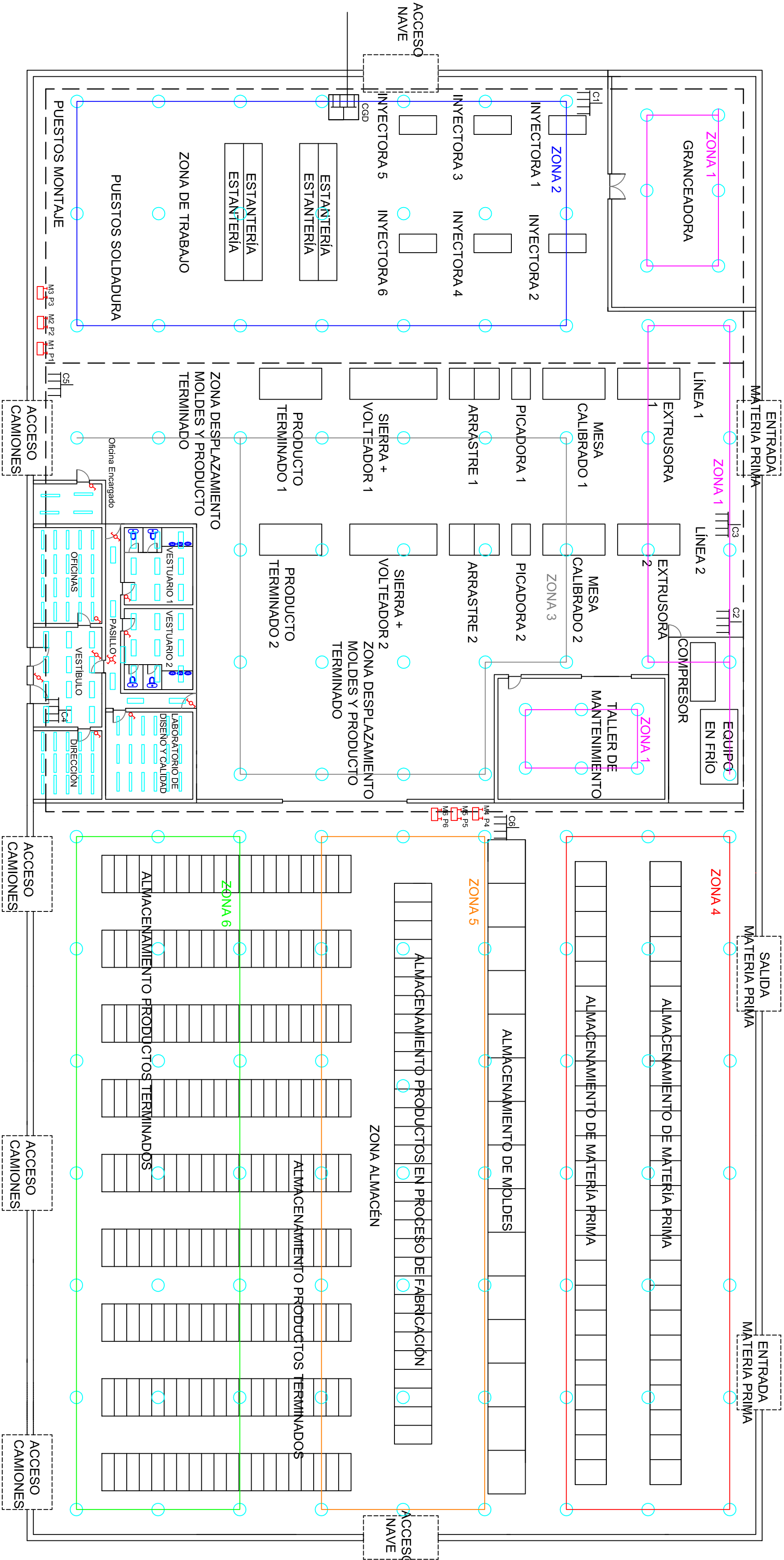
ZONA	SUPERFICIE
Zona de Trabajo	2835,17 m2
Zona de Almacén	3481 m2
Granceadora	223,58 m2
Mantenimiento	144,2 m2
Zona de Almacén	3481 m2
Oficina encargado	17,6 m2
Vestuario 1	34,1 m2
Vestuario 2	35,75m2
Pasillo	25 m2
Oficinas	42,35 m2
Vestibulo	44 m2
Dirección	30,25 m2
Lab Diseño y Calidad	49 m2
TOTAL	6962 m2



Planta (Superficie construida) = 6962 m2

		Universidad Pública de Navarra	
INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT		REALIZADO: BERGES, SERGIO	
PLANO: PLANTA NAVE		FIRMA:	
FECHA: 02/2013		ESCALA: 1:400	
Nº PLANO: 2			



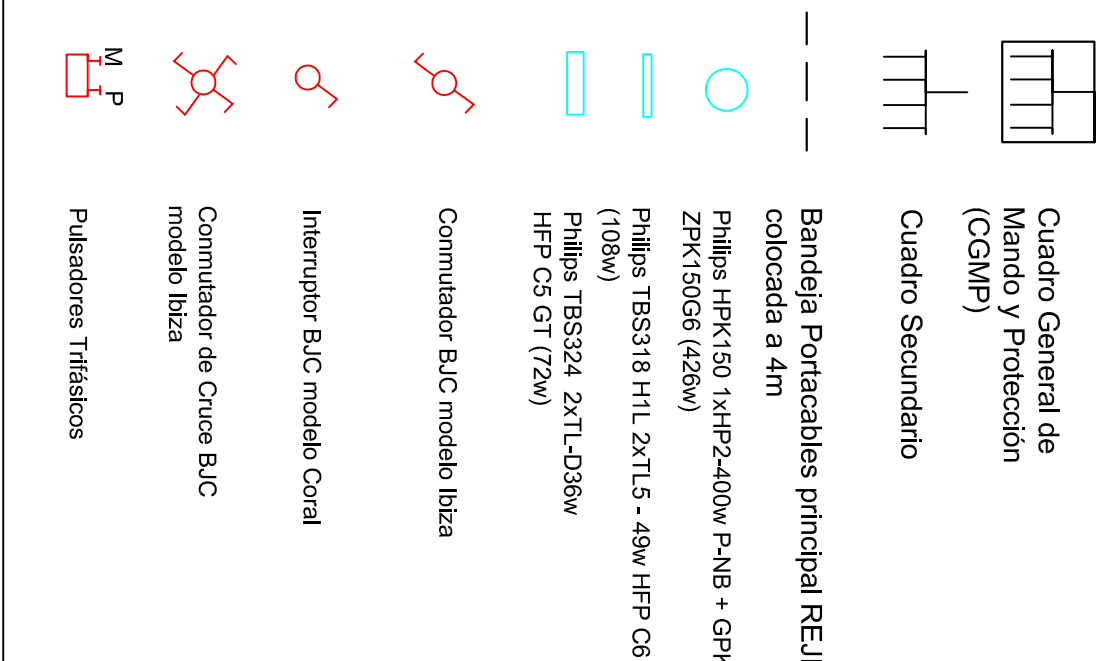


NOTA: El alumbrado de la zona de Producción y Almacén se enciende mediante tres pulsadores.

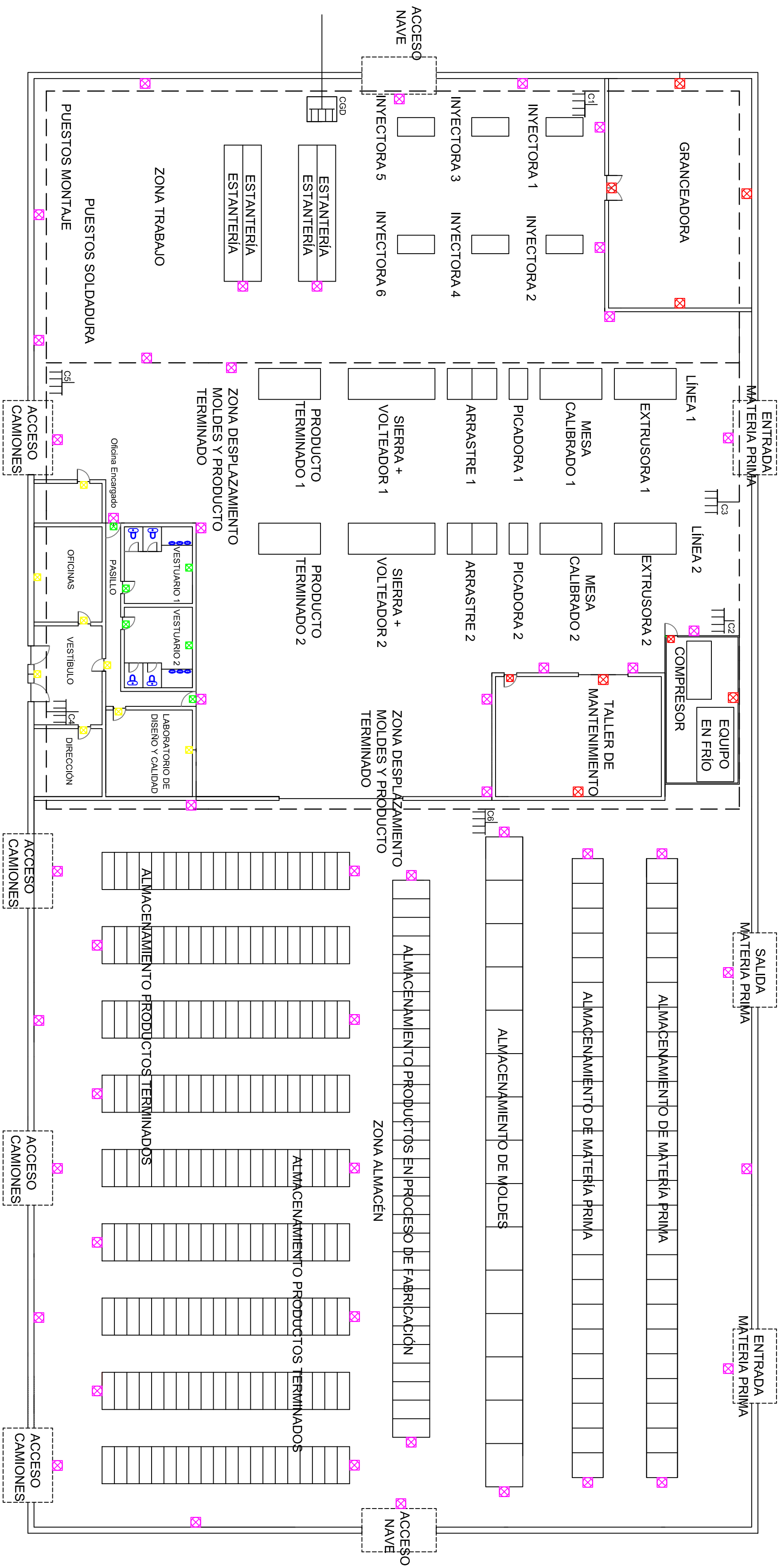
- M1P1, M2P2 y M3P3 (Zona producción)
- M4P4, M5P5 y M6P6 (Zona Almacén)






El alumbrado de la zona de oficinas mediante interruptores y conmutadores colocados en los mismos locales


NOTA: Se han representado las diferentes zonas de alumbrado (para la parte de producción y almacén) por colores. Comprendiendo estas zonas el área y las luminarias que están en el interior de esta zonas.



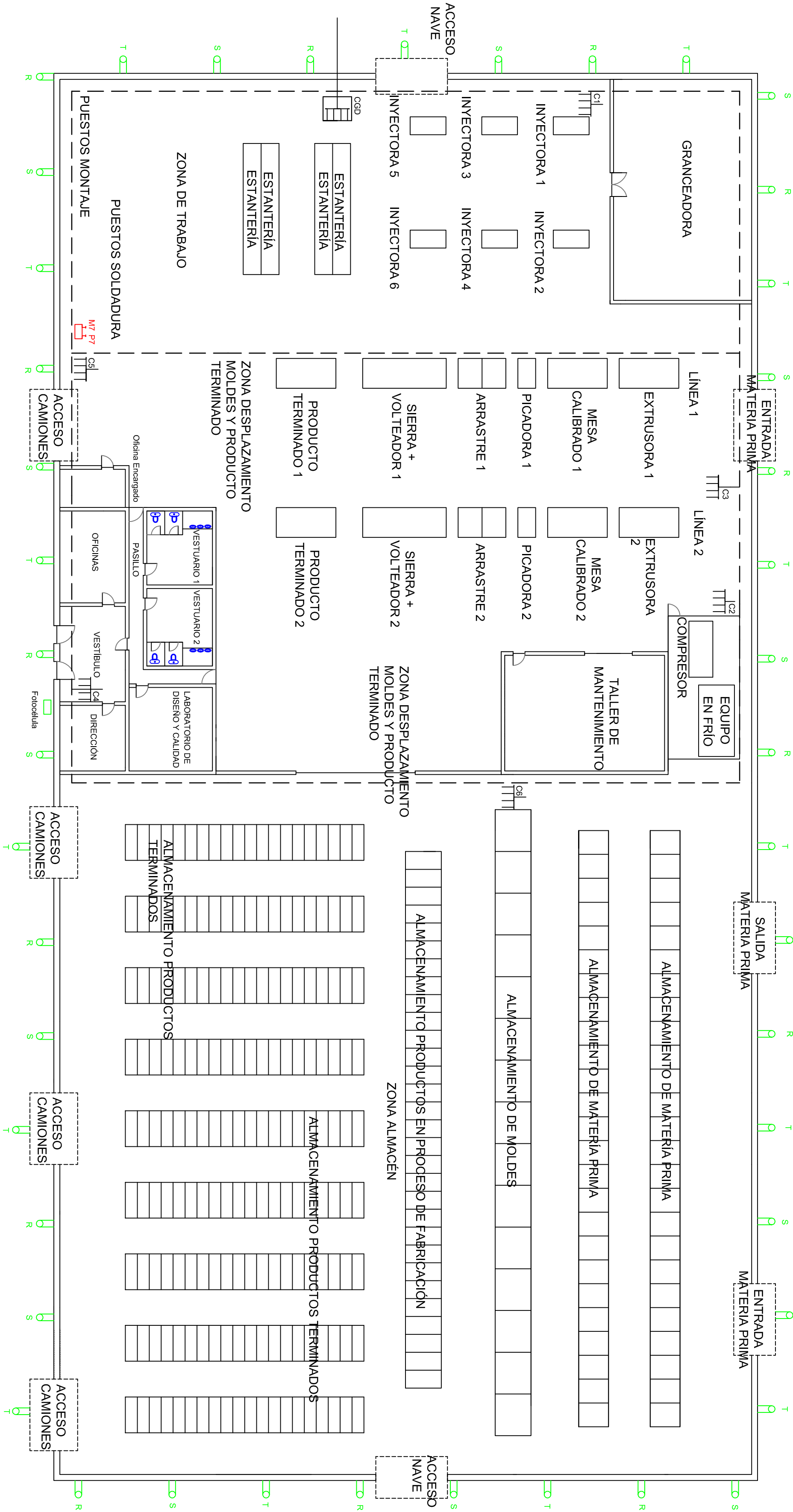
		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:	
de Navarra		INGENIERO		DEPARTAMENTO DE	
Nafarroako		TECNICO INDUSTRIAL E.		PROYECTOS E ING. RURAL	
Unibertsitate Publikoa				REALIZADO:	
PROYECTO:				BERGES, SERGIO	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA				FIRMA:	
NAVE INDUSTRIAL CON CT					
PLANO:				FECHA:	
ALUMBRADO INTERIOR				02/2013	
				ESCALA:	
				1:400	
				NºPLANO:	
				3	



	Luminaria de emergencia Legrand B65 61585 635 lm. 6W colocadas en pared
	Luminaria de emergencia Legrand B65 61563 315 lm. 6W colocadas en pared
	Luminaria de emergencia Legrand B65 61512 160 lm. 6W colocadas en pared
	Luminaria de emergencia Legrand B65 61510 100 lm. 6W colocadas en pared
	Bandeja portacables principal REJIBAN 400 x 60 colocada a 4 metros de altura

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:  <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		
PROYECTO:  <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>			
FIRMA:		REALIZADO:  <b>BERGES, SERGIO</b>	
PLANO:  <b>ALUMBRADO EMERGENCIA</b>	FECHA: 02/2013	ESCALA:	Nº PLANO: 4

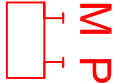




Luminaria exterior PHILIPS SGS253 CDM - TT 150 W K




Fotocélula



Bandeja portables principal Rejiban 400x60 colocada a 4 m de altura

Pulsador Trifásico

NOTA: El alumbrado exterior se enciende desde el C5 (alumb producción) mediante pulsadores (M7/P7) o ante la existencia de una luminosidad escasa, detectada por la Fococélula.

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO: <b>BERGES, SERGIO</b>	
PLANO: <b>ALUMBRADO EXTERIOR</b>		FIRMA:		FECHA: 02/2013	
				ESCALA: 1:400	
				NºPLANO: 5	

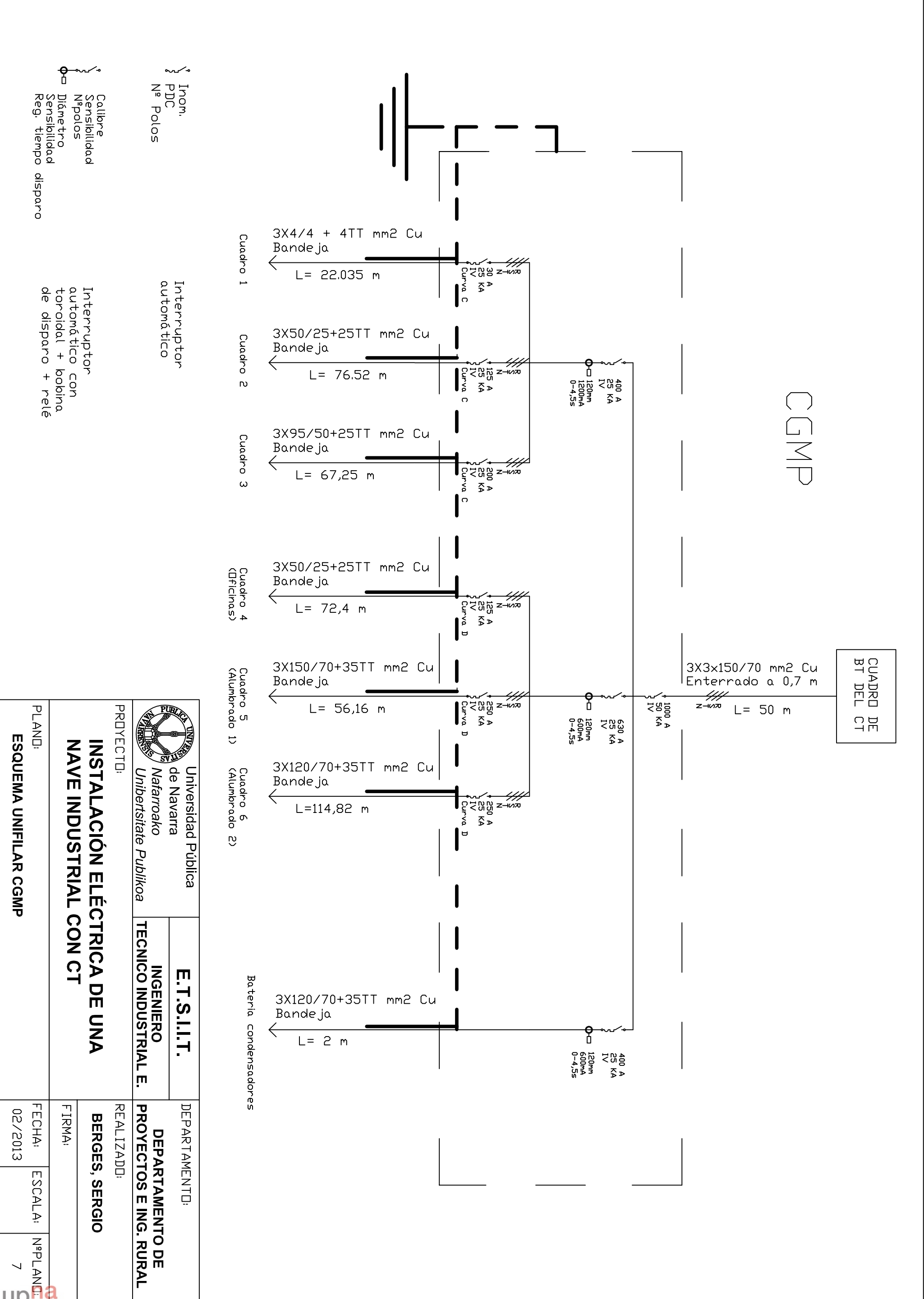



## Toma de corriente monofásica

## Sistema de Alimentación Interrumpida (SAI)

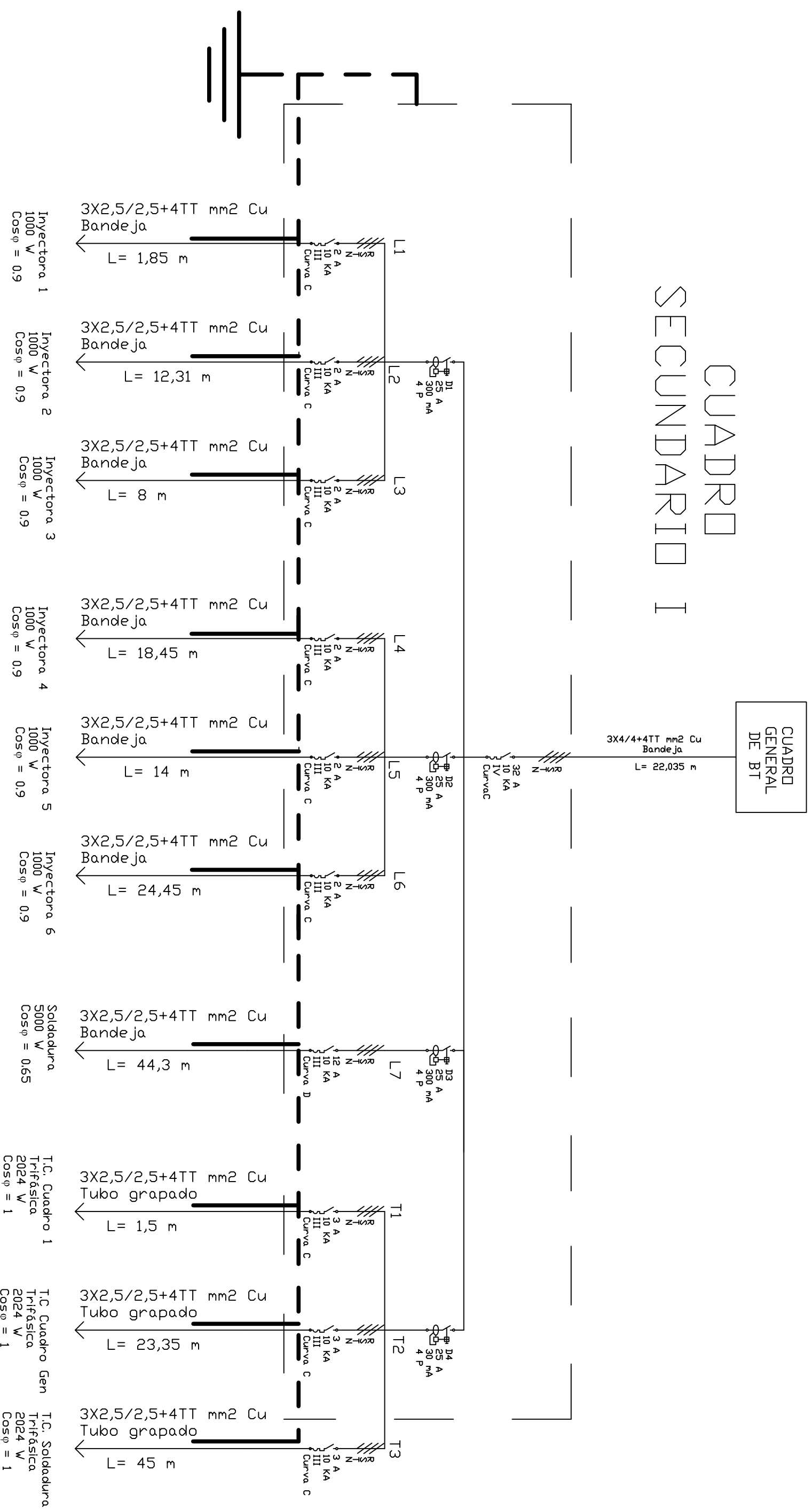
--- Bandejas portacables principal Rejiban 400x60 colocada a 4m del suelo


upna  
Universidad  
Pública de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa  
Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erreserbatu dira



 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		REALIZADO: <b>BERGES, SERGIO</b>
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CGMP</b>		FIRMA: FECHA: 02/2013
		ESCALA: Nº PLANOS: 7

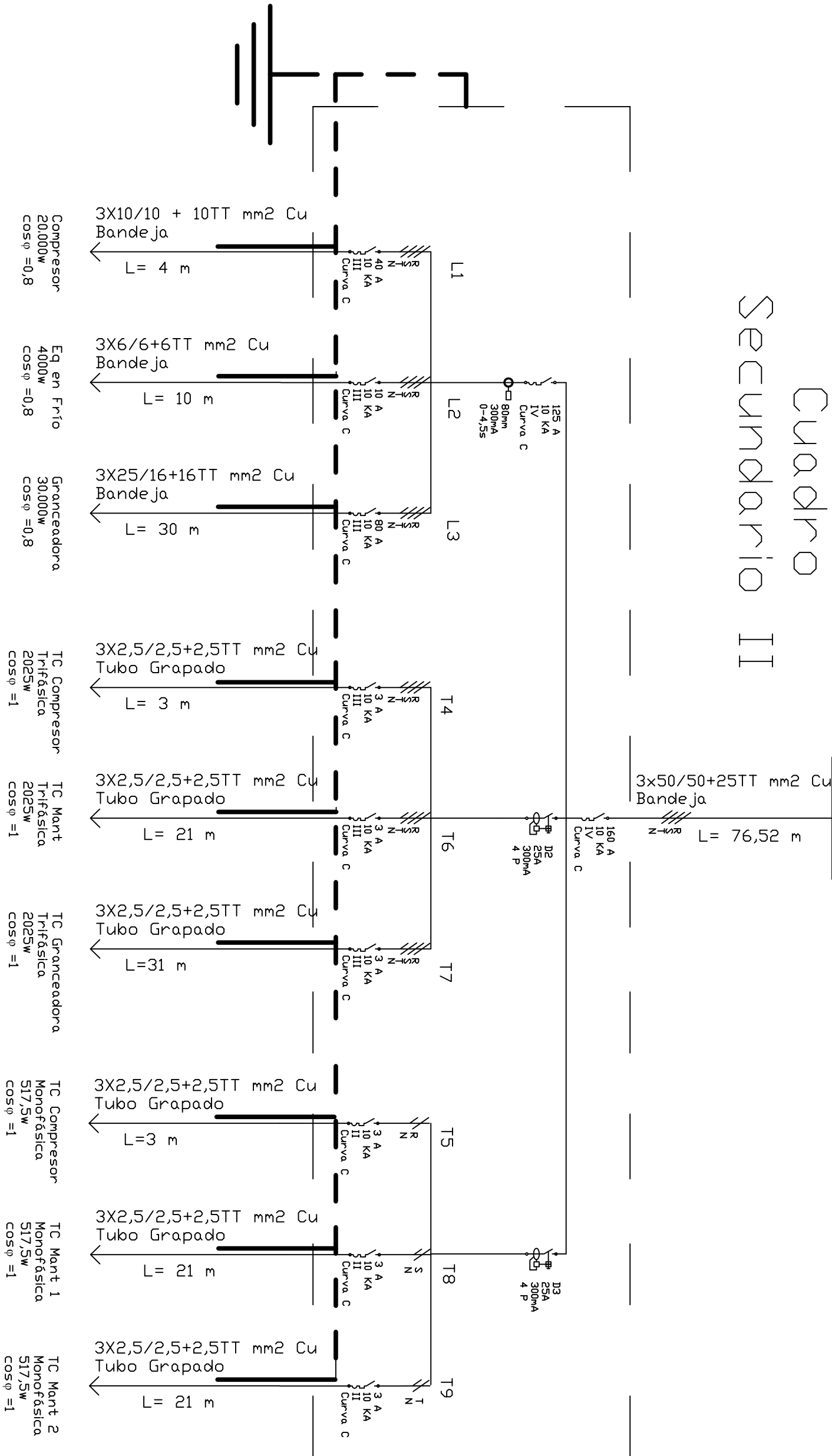
CUADRO  
SECUNDARIO I



 <p> <b>Universidad Pública</b>  de Navarra  Nafarroako  Unibertsitate Publikoa </p>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:  <b>DEPARTAMENTO DE  PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>INGENIERO  TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		
<b>PROYECTO:</b>  <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>			<b>REALIZADO:</b>  <b>BERGES, SERGIO</b>
<b>FIRMA:</b>			
<b>PLANO:</b>  <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO I</b>	<b>FECHA:</b> 02/2013	<b>ESCALA:</b>	<b>Nº PLANO:</b> 8

# Cuadro Secundario II

CUADRO DE BT DEL CT




Calibre Sensibilidad N° polos

Interruptor diferencial

Interruptor automática magnetotérmico

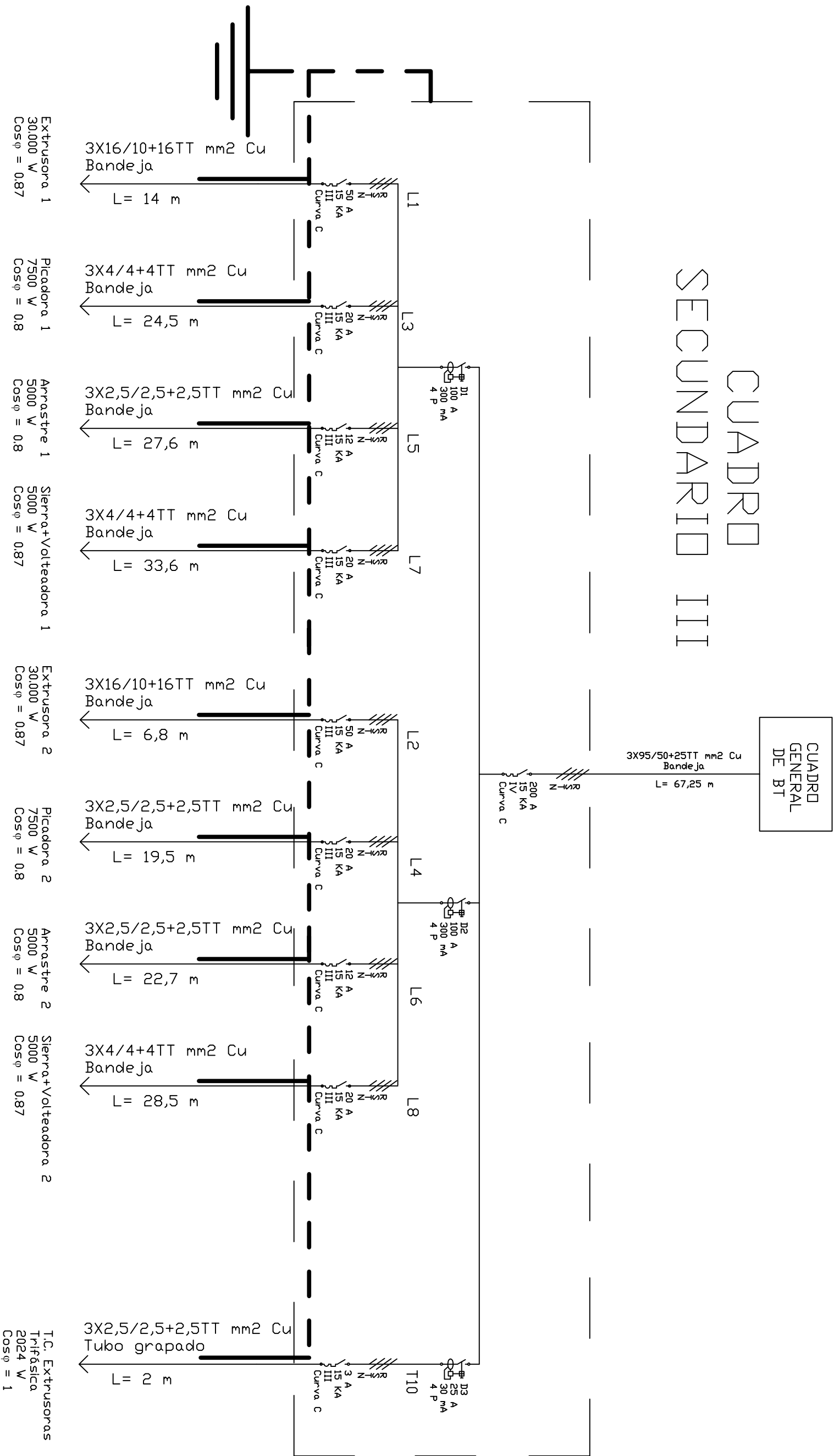
Calibre Pdc Curva


Diámetro Sensibilidad Reg tiempo disparo

		<b>E.T.S.I.I.T.</b>	
Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO II</b>		REALIZADO: <b>BERGES, SERGIO</b>	
FECHA: 02/2013		FIRMA:	
ESCALA:		Nº PLANO: 9	




CUADRO  
SECUNDARIO III





- 

Calibre





Sensibilidad




Nº polos
- 

Interruptor





diferencial
- 

Inom.




PDC




Curva
- 


Interruptor



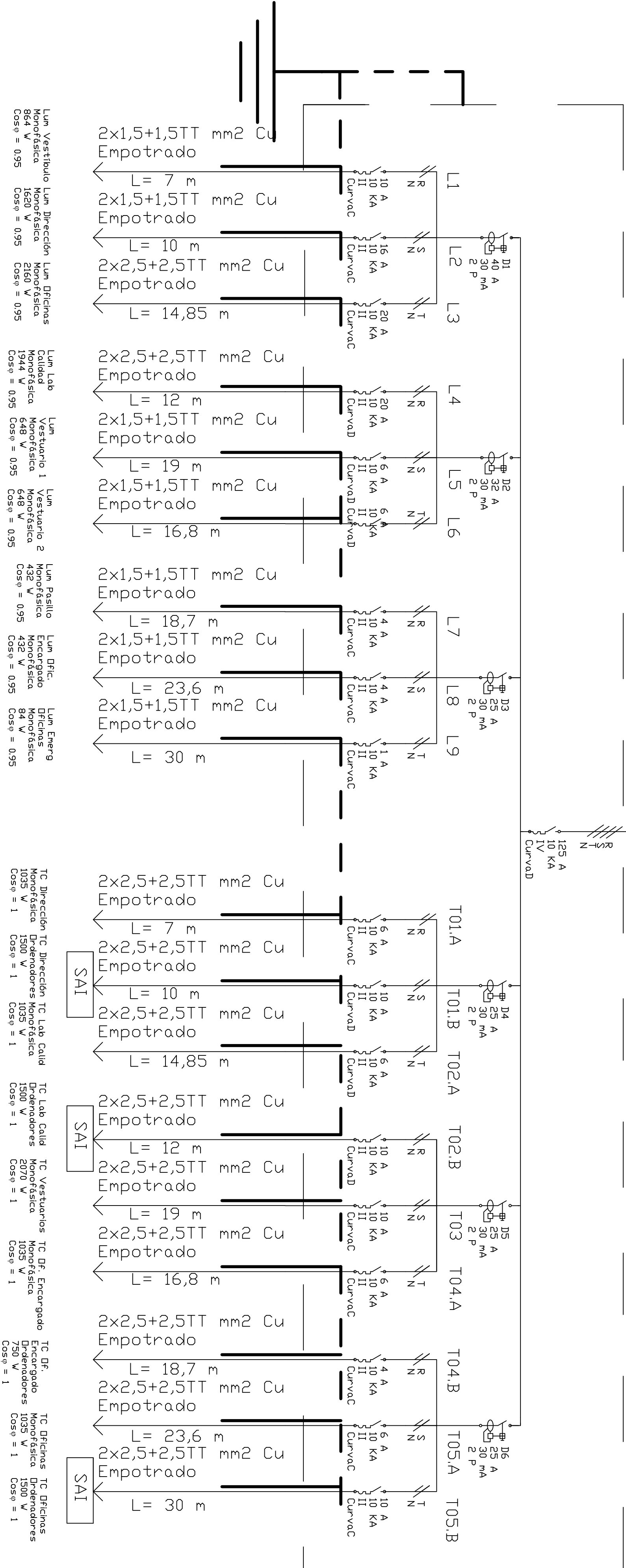
automática



magnetotérmico

<div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO</div><div>TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		<div><div>DEPARTAMENTO:</div><div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div></div>	
<div>PROYECTO:</div>		<div>REALIZADO:</div>		<div>BERGES, SERGIO</div>	
<div>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</div>		<div>FIRMA:</div>			
<div>PLANO:</div>		<div>FECHA:</div>		<div>ESCALA:</div>	
<div>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO III</div>		<div>02/2013</div>		<div>10</div>	

# CUADRO SECUNDARIO IV (Oficinas)



Calibre  
Sensibilidad  
Nº polos

Inom.  
PDC  
Curva

Interruptor  
diferencial

Interruptor  
automática  
magnetotérmico

SAI

Sistema de  
Alimentación  
Ininterrumpida

Calibre  
PDC  
Curva

Diámetro  
Sensibilidad  
Reg. tiempo disparo

Interruptor  
automático con  
toroidal + bobina  
de disparo + relé

<div><div><div><div><div><div><span></span></div><div>UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA</div></div><div><div><div>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div></div></div></div><div><div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div></div></div></div>		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		REALIZADO: <b>BERGES, SERGIO</b>	
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO VI</b>		FIRMA:	
FECHA: 02/2013		ESCALA: 11	

CUADRO  
GENERAL  
DE BT



## Interrupción diferencial

Interrupção automática  
magnetotérmica

天  


Contactor  
encendido  
alumbrado

Calibre	Interrupción automática con bobina toroidal + relé de disparo + relé de seguridad
PaC	
Curva	
Diámetro	
Sensibilidad	

upna  
Universidad  
Pública de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

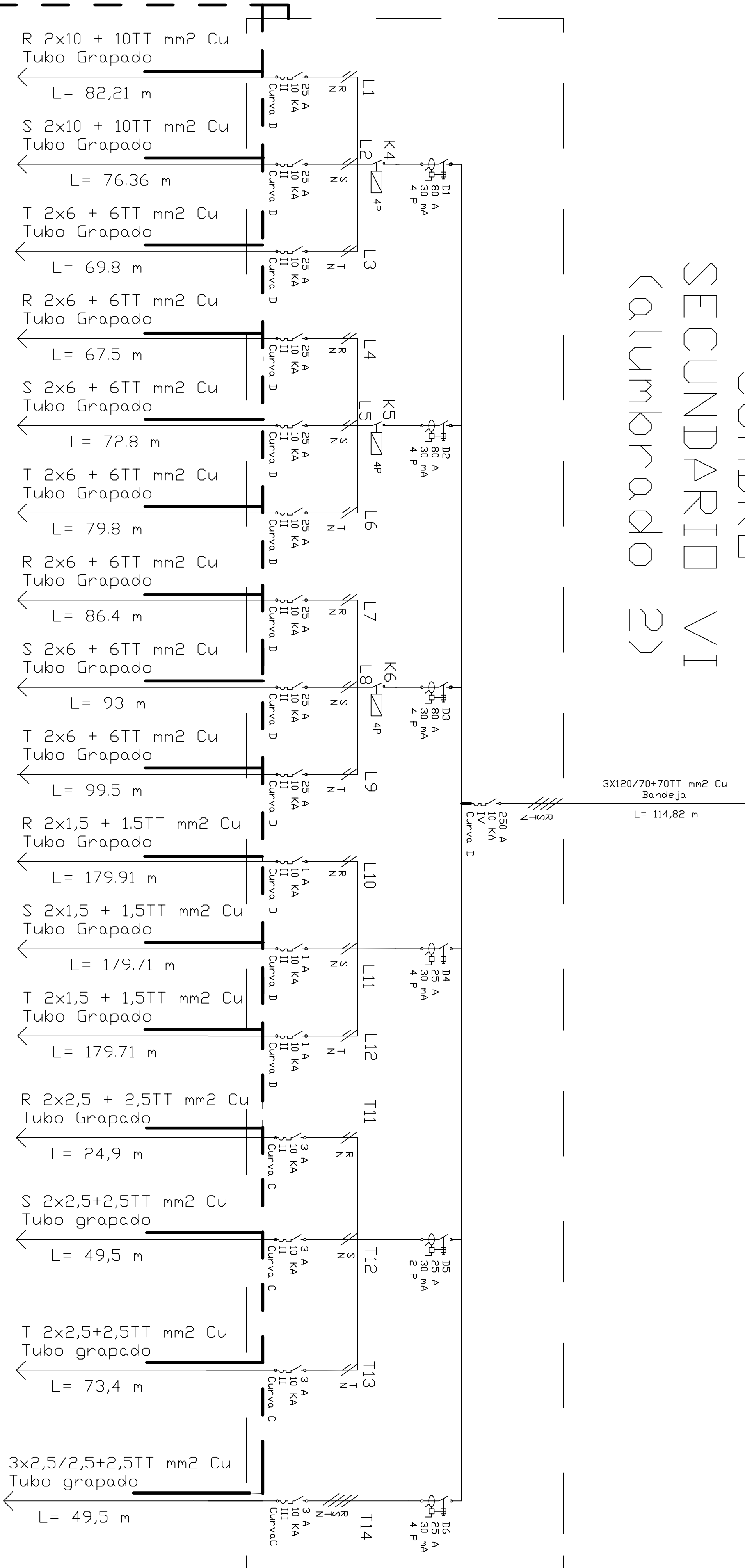
Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erresalbatu dira



# CUADRO SECUNDARIO VI

## Columnado 2)

CUADRO GENERAL DE BT



Alum Almacén Zona 4	Alum Almacén Zona 4	Alum Almacén Zona 4	Alum Almacén Zona 5	Alum Almacén Zona 5	Alum Almacén Zona 5	Alum Almacén Zona 6	Alum Almacén Zona 6	Alum Almacén Zona 6	Alum Almacén Zona 6	Alum Energ Mono fásica 54 W	Alum Energ Mono fásica 54 W	Alum Energ Mono fásica 60 W	T.C Almacén 1 Mono fásica 517,5 W	T.C Almacén 2 Mono fásica 517,5 W	T.C Almacén 3 Mono fásica 517,5 W	T.C Almacén Trifásica 2024 W
2982 W (7 lum)	2982 W (7 lum)	2982 W (7 lum)	2982 W (7 lum)	2982 W (7 lum)	2982 W (7 lum)	2982 W (7 lum)	2982 W (7 lum)	2982 W (7 lum)	2982 W (7 lum)	9 lum	9 lum	10 lum	Cosφ = 1	Cosφ = 1	Cosφ = 1	Cosφ = 1
Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 0,95	Cosφ = 1	Cosφ = 1	Cosφ = 1	Cosφ = 1

Calibre Sensibilidad N°polos

Interruptor diferencial

Inom. PDC Curva


Interruptor automática magnetotérmico

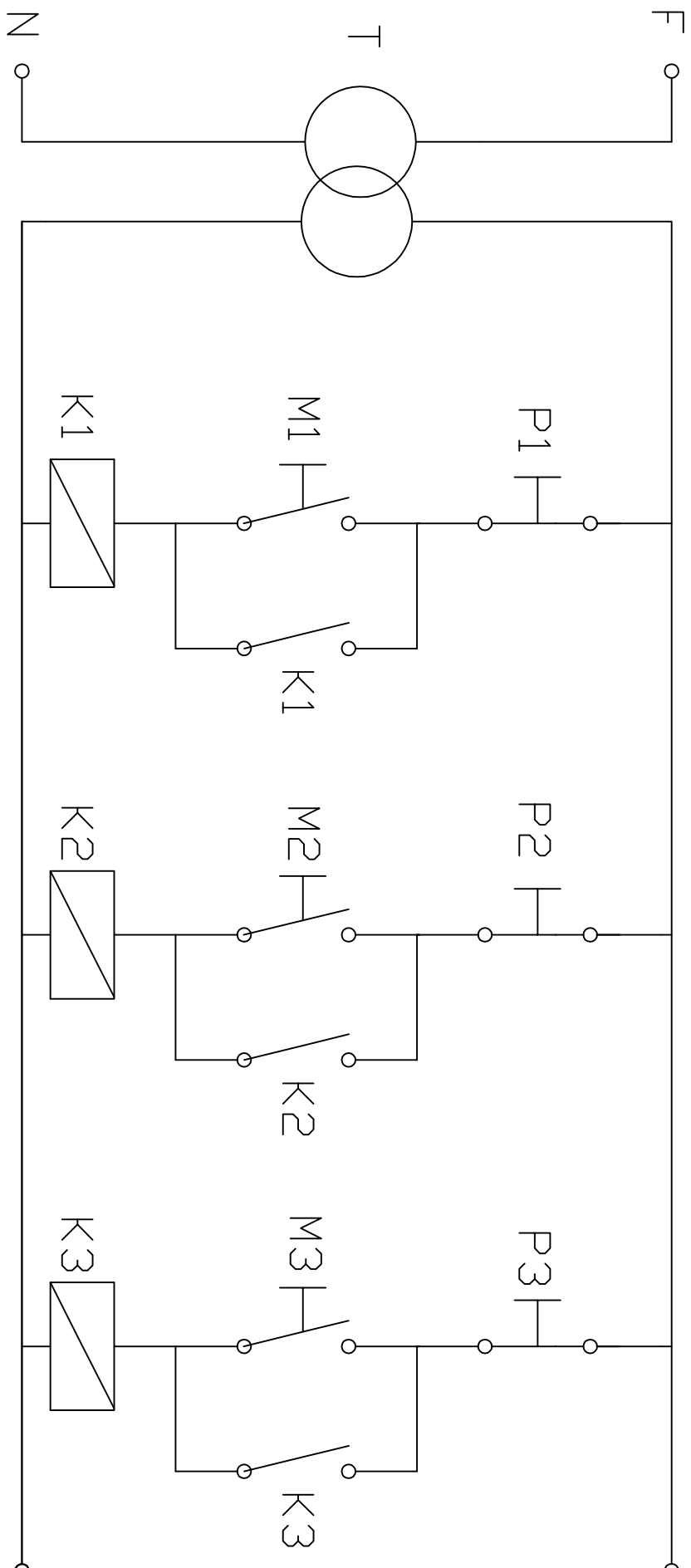
K

Contacto encendido alumbrado

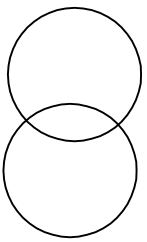
Calibre Pdc Curva

Interruptor automático con toroidal + bobina de disparo + relé

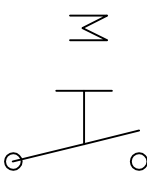
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
	E.T.S.I.I.T.				
PROYECTO:					REALIZADO:
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT					
PLANO:					
ESQUEMA UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO VI			FECHA: 02/2013		
			ESCALA: N°PLANO 13		



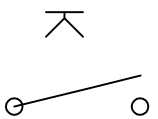
NOTA: Los pulsadores del esquema de mando del alumbrado de la zona de producción se encuentran en el cuadro secundario V (alumb 1)



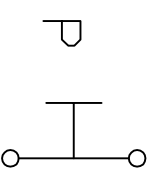
TRANSFORMADOR DE MANDO  
400/24V



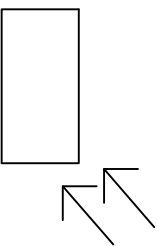
PULSADOR DE ENCENDIDO



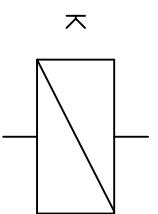
CONTACTOR NA




PULSADOR DE APAGADO

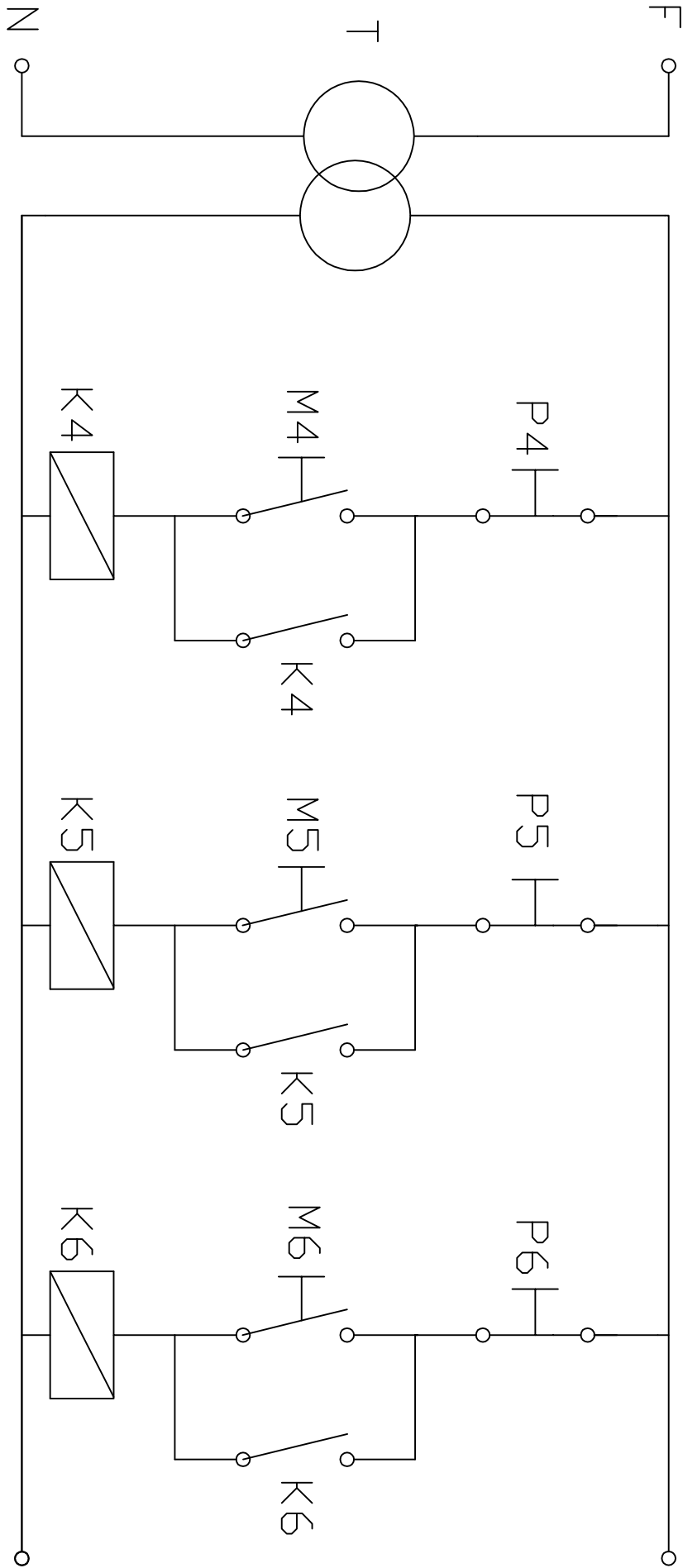


FOTOCÉLULA

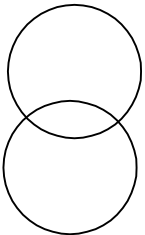


BOBINA DEL CONTACTOR

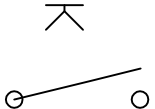
 <p> <b>Universidad Pública</b>  de Navarra  Nafarroako  Unibertsitate Publikoa </p>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO DE <b>PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>INGENIERO  TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		
<b>PROYECTO:</b>  <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>	<b>REALIZADO:</b>  <b>BERGES, SERGIO</b>		
<b>FIRMA:</b>			
<b>PLANO:</b>  <b>ESQUEMA DE MANDO ZONA PRODUCCIÓN</b>	<b>FECHA:</b> 02/2013	<b>ESCALA:</b>	<b>Nº PLANO:</b> 14



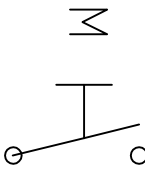
NOTA: Los pulsadores del esquema de mando del alumbrado de la zona de almacén se encuentran en el cuadro secundario VI (alumb 2)



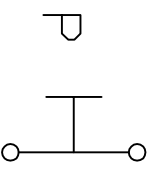
TRANSFORMADOR DE MANDO  
400/24V



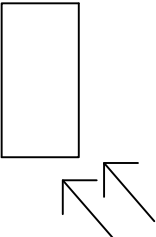
CONTACTOR NA



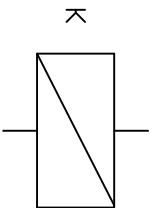
PULSADOR DE ENCENDIDO



PULSADOR DE APAGADO

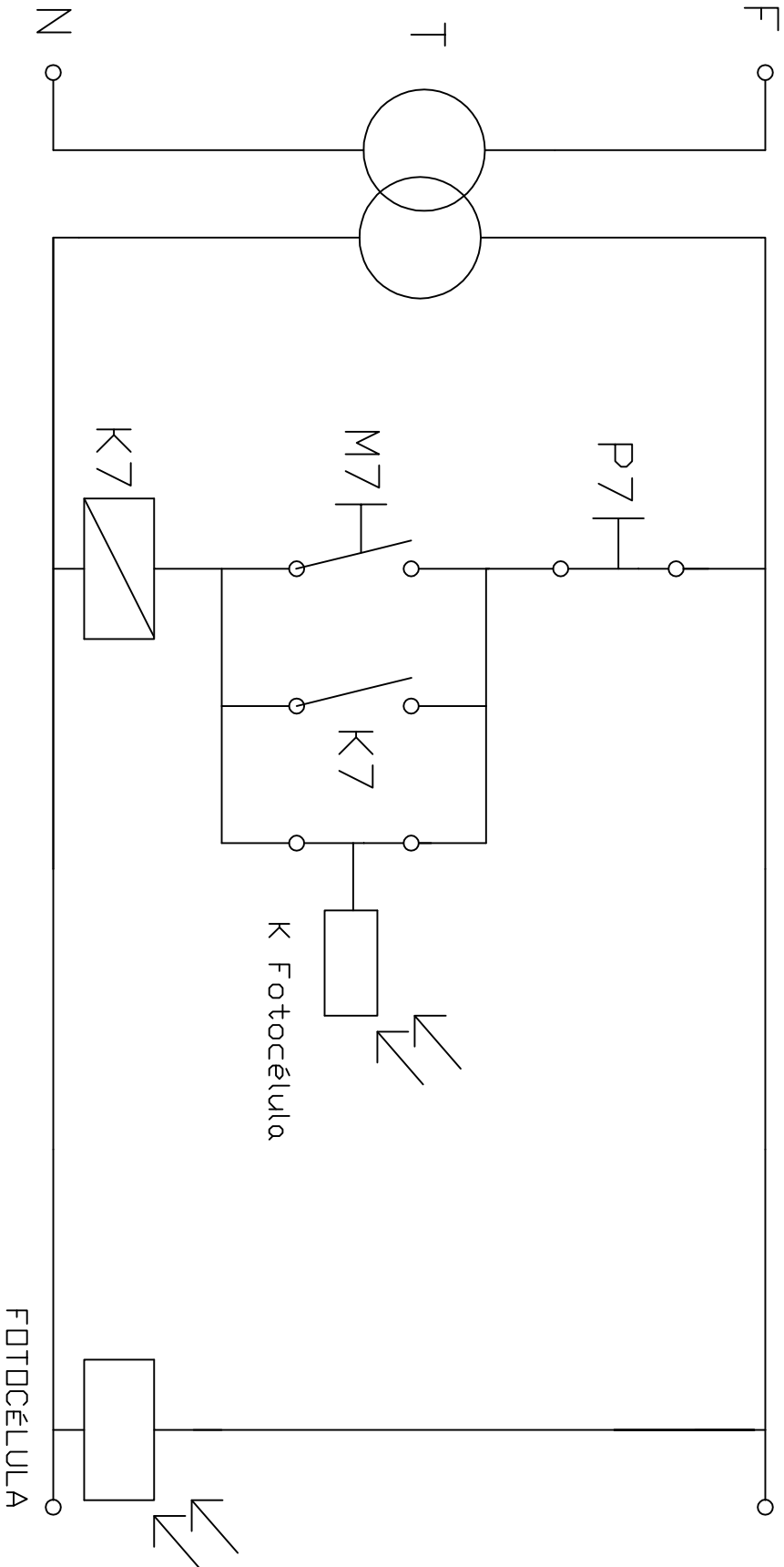


FOTOCÉLULA

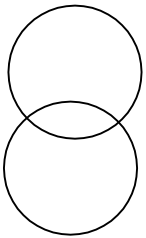


BOBINA DEL CONTACTOR

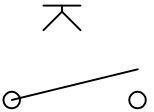
<div><div><div><div><div><div><span></span></div></div></div><div><div><div><span></span></div></div><div><div><span></span></div></div></div><div><div><div><span></span></div></div><div><div><span></span></div></div></div><div><div><div><span></span></div></div><div><div><span></span></div></div></div></div></div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div>		<div><div><div><div><div><div><span></span></div></div></div><div><div><div><span></span></div></div><div><div><span></span></div></div></div><div><div><div><span></span></div></div><div><div><span></span></div></div></div></div></div><div>E.T.S.I.I.T. INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div>		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:		BERGES, SERGIO		
PLANO:		ESQUEMA DE MANDO ZONA ALMACÉN		FIRMA:		
				FECHA: 02/2013		
				ESCALA:		
				Nº PLANOS: 15		



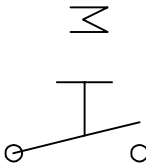
NOTA: Los pulsadores de  
mando del alumbrado  
exterior se encuentran en  
el cuadro secundario V  
(alumb 1)



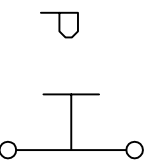
TRANSFORMADOR DE MANDO  
400/24V



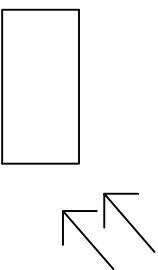
CONTACTOR NA



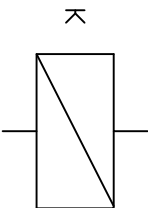
PULSADOR DE ENCENDIDO




PULSADOR DE APAGADO



FOTOCÉLULA

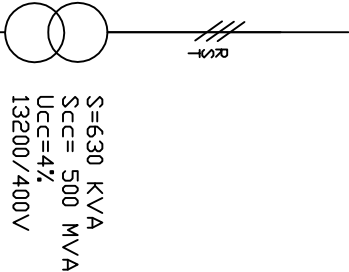


BOBINA DEL CONTACTOR

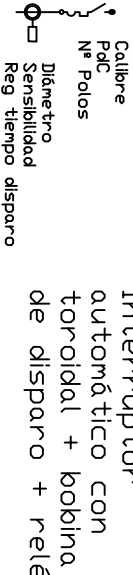
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
PROYECTO:  INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT			REALIZADO:  BERGES, SERGIO		
PLANO:  ESQUEMA DE MANDO ALUMBRADO EXTERIOR			FIRMA:		
FECHA:		ESCALA:	Nº PLANOS:		
02/2013			16		

CUADRO DE B.T.  
DEL CENTRO DE  
TRANSFORMACION

ACOMETIDA AT



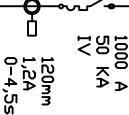
Transformador  
de potencia



Interruptor  
automático con  
toroidal + bobina  
de disparo + relé

L = 2m

3x(2x150/150) mm2 Cu



1000 A  
50 K4  
IV  
120mm  
1,2A  
0-4,5s


3x(3x150/70) mm2 Cu  
Enterrado a 0,7m

L = 50m

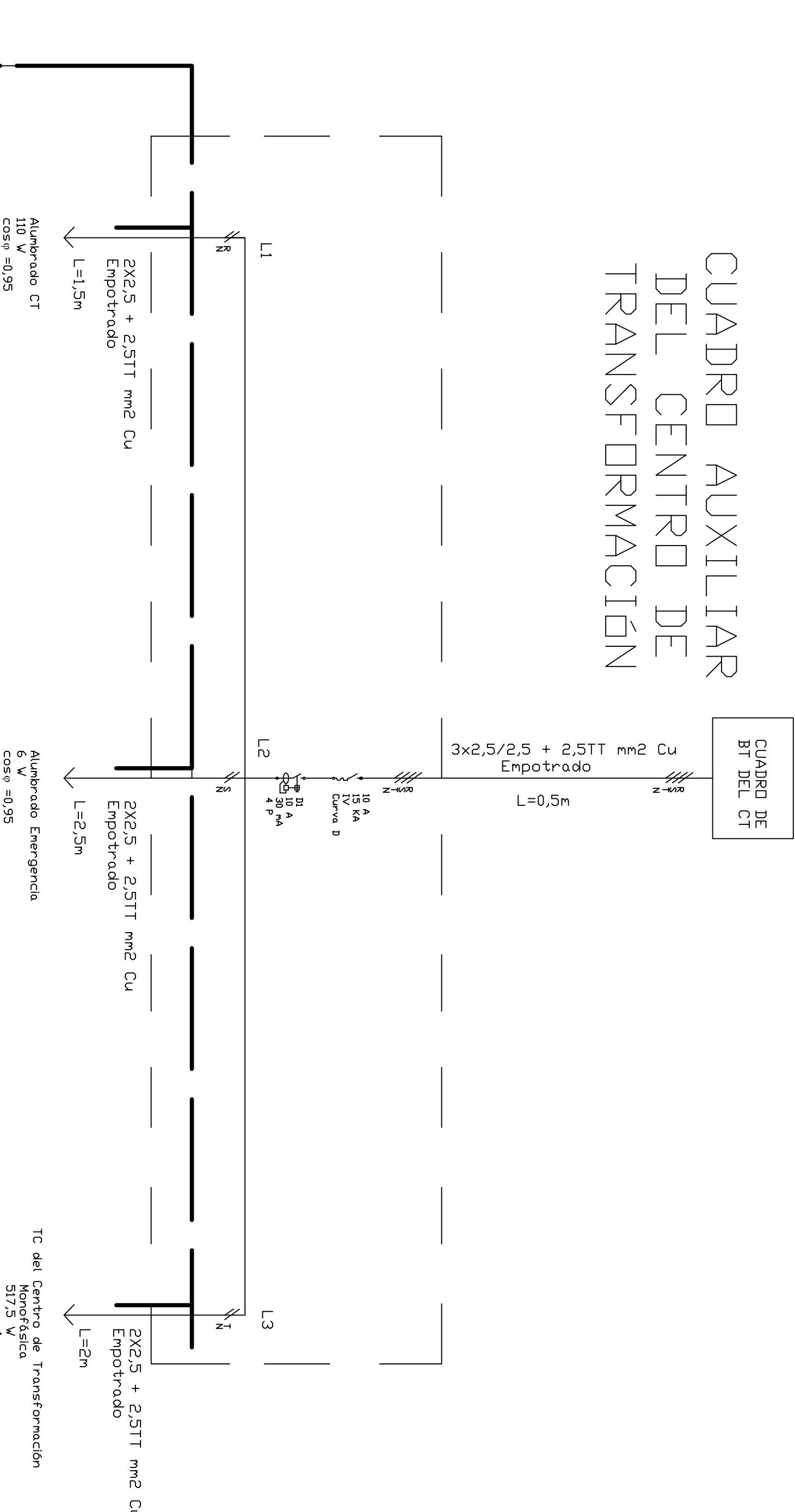
CUADRO


CUADRO  
AUXILIAR  
DE BT

GENERAL DE  
DISTRIBUCIÓN

		Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		REALIZADO: <b>BERGES, SERGIO</b>		FIRMA:	
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO DE BT DEL CT</b>		FECHA: 02/2013		ESCALA:		Nº PLANO: 17	

CUADRO AUXILIAR  
DEL CENTRO DE  
TRANSFORMACION



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa		<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		INGENIERO <b>TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		REALIZADO: <b>BERGES, SERGIO</b>	
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR DEL CT</b>		FIRMA:		FECHA: 02/2013	
				ESCALA: 18	
				Nº PLANOS: 18	



Arqueta de Registro

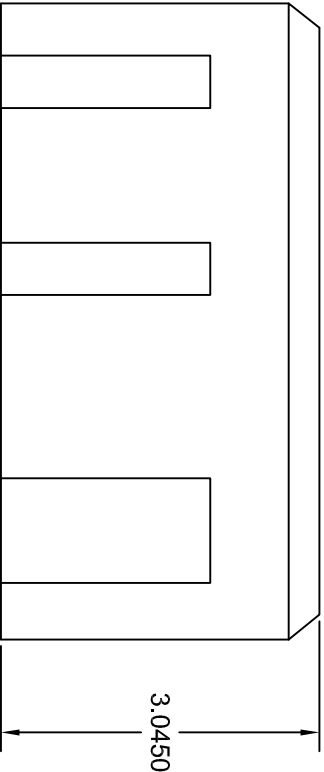
Pica de 2m de longitud y 14mm diametro

1

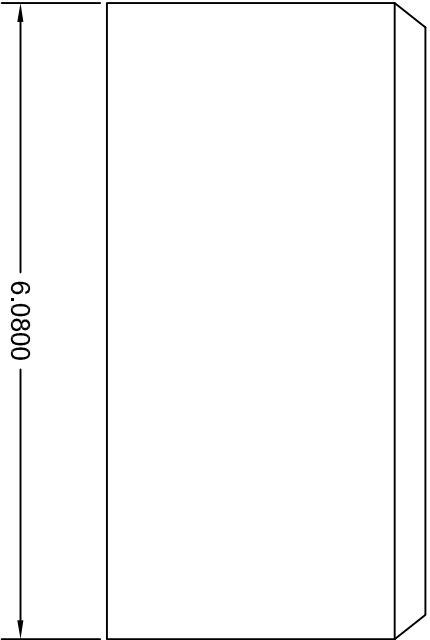
upna  
Universidad  
Pública de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa  
Todos los derechos reservados  
Eskubide guztiak erreserbatu dira



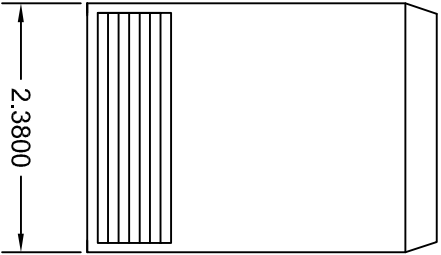
Fachada Delantera



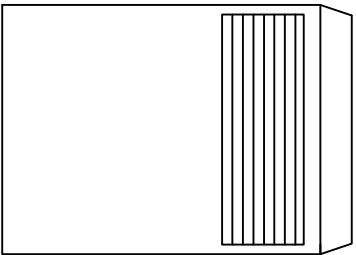
Fachada Trasera



Fachada lateral izquierda



Fachada lateral derecha



NOTA: La ventilación será de tipo natural con las rejillas de ventilación enfrentadas.

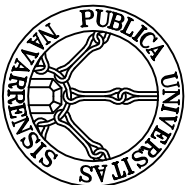
Rejilla de entrada (2200x700)

Rejilla de salida (2200x1000)

La caseta prefabricada es de Hormigón de la marca OLMAZABAL tipo **PFL-5/20**. Se compone de dos partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Tiene 3 puertas de acceso, dos para el acceso del personal autorizado y una grande y abatible 180º para la introducción del transformador.

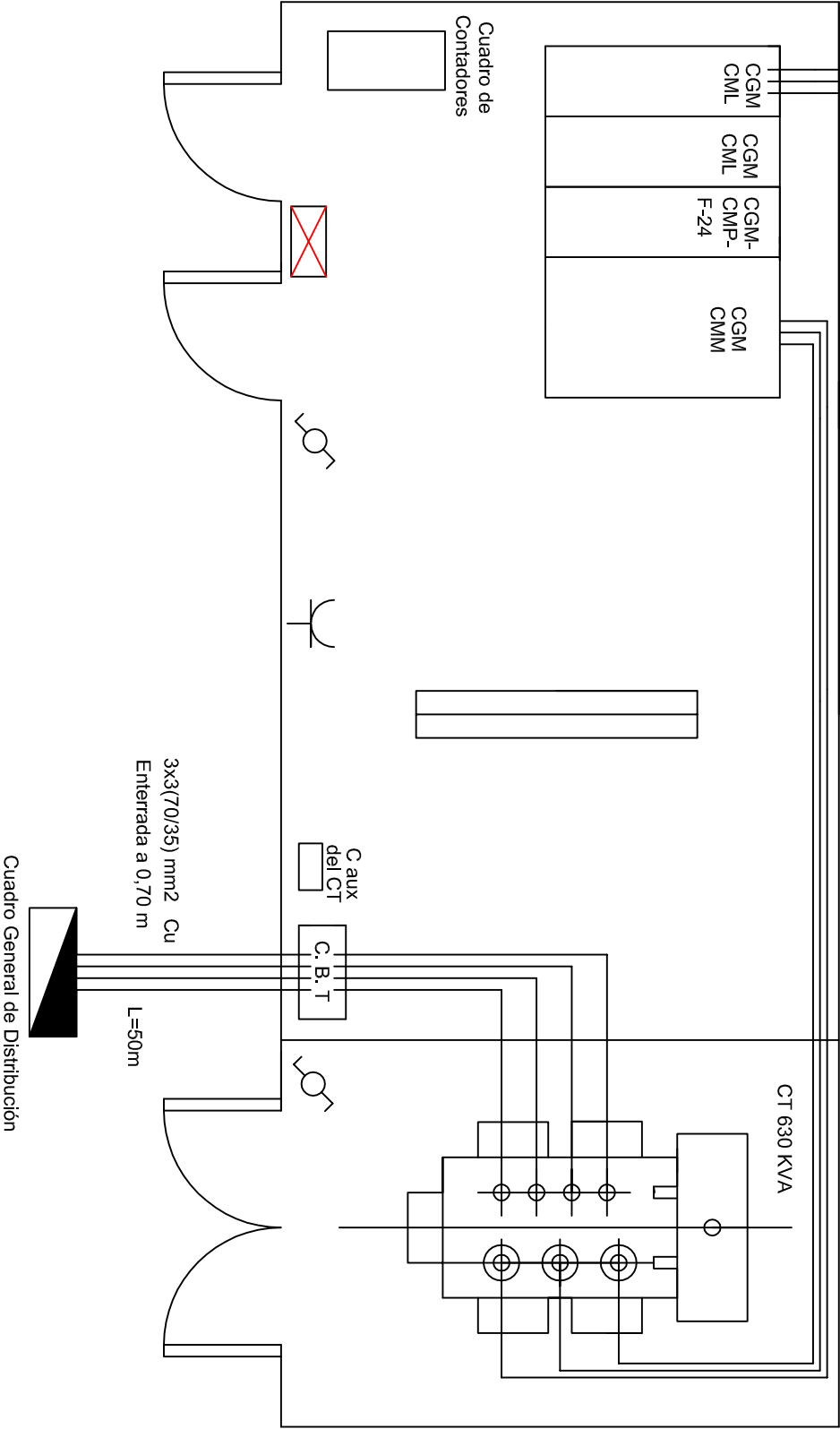
Consta de 2 rejillas para la circulación del aire, permitiendo la refrigeración del transformador.

<div><div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div><div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div></div>		DEPARTAMENTO:  DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL		
PROYECTO:  INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT		REALIZADO:  BERGES, SERGIO		
		FIRMA:		
PLANO:  REJILLADO Y DIMENSIONES EXTERIORES DEL CT		FECHA:  02/2013	ESCALA:  1:100	NºPLANO:  20



Línea de Media Tensión  
13,2 KV ; IBERDROLA  
Subterránea

Dimensiones exterior planta: 6,08 X 2,38 m  
Dimensiones interior planta: 5,9 X 2,2 m



	CGM - CML : Celda de Línea
	CGM - CMP - F - 24 : Celda de protección con fusible
	CGM - CMM : Celda de Medida
	Toma Monofásica
	Luminiaria TMS022 1xTL - D58w HFS-GMS022R
	Interruptor Conmutado
	Alumbrado Emergencia (100 lum)
	Cuadro General de Distribución

## CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE SUPERFICIE

Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**  
**INGENIERO**  
**TECNICO INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:  
**DEPARTAMENTO DE**  
**PROYECTOS E ING. RURAL**

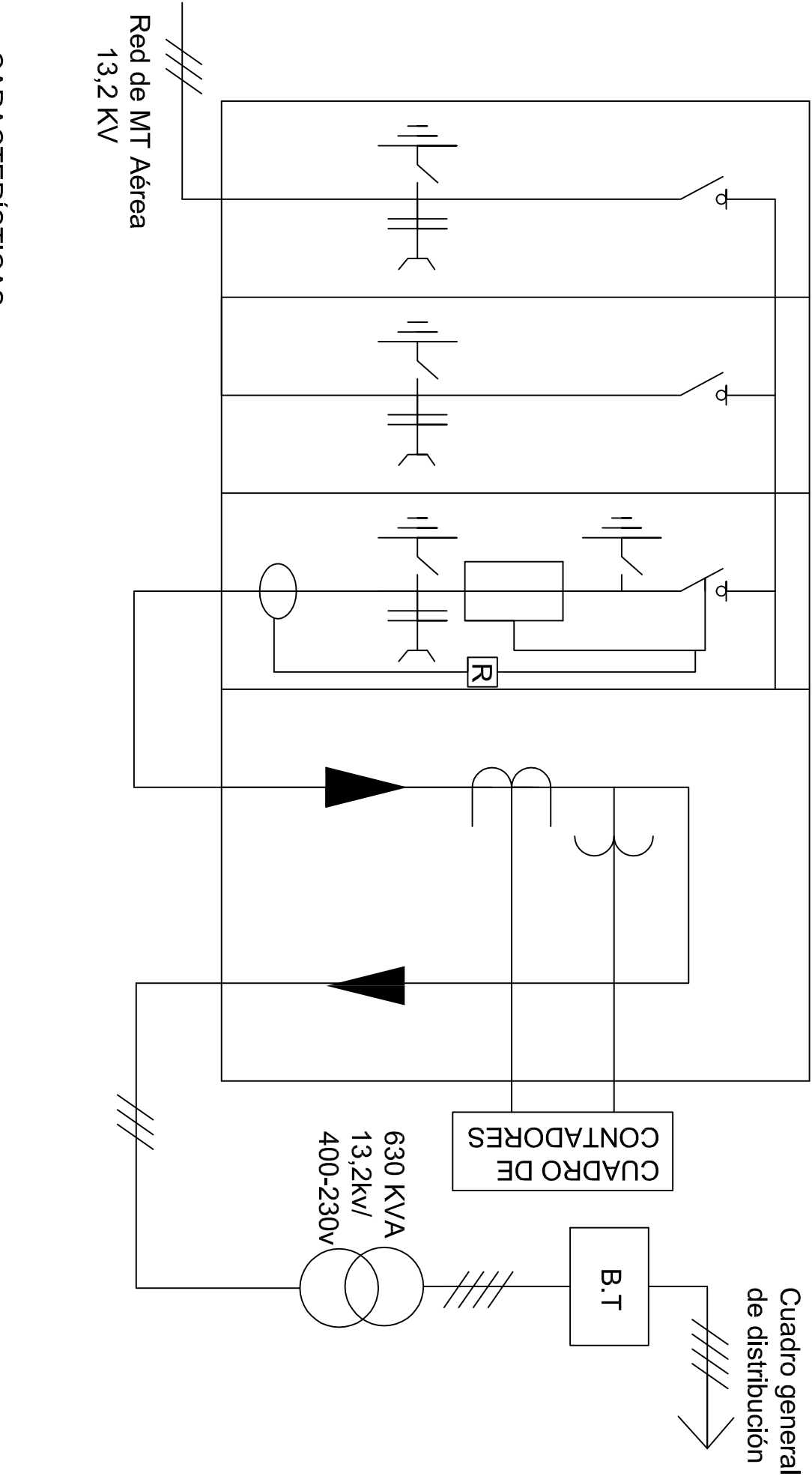
PROYECTO:  
**INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA**  
**NAVE INDUSTRIAL CON CT**

REALIZADO:  
**BERGES, SERGIO**

FIRMA:

PLANO:  
**DISTRIBUCIÓN CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

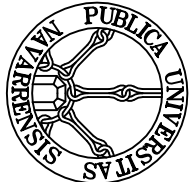
FECHA: 02/2013  
ESCALA: 1:25  
NºPLANO: 21



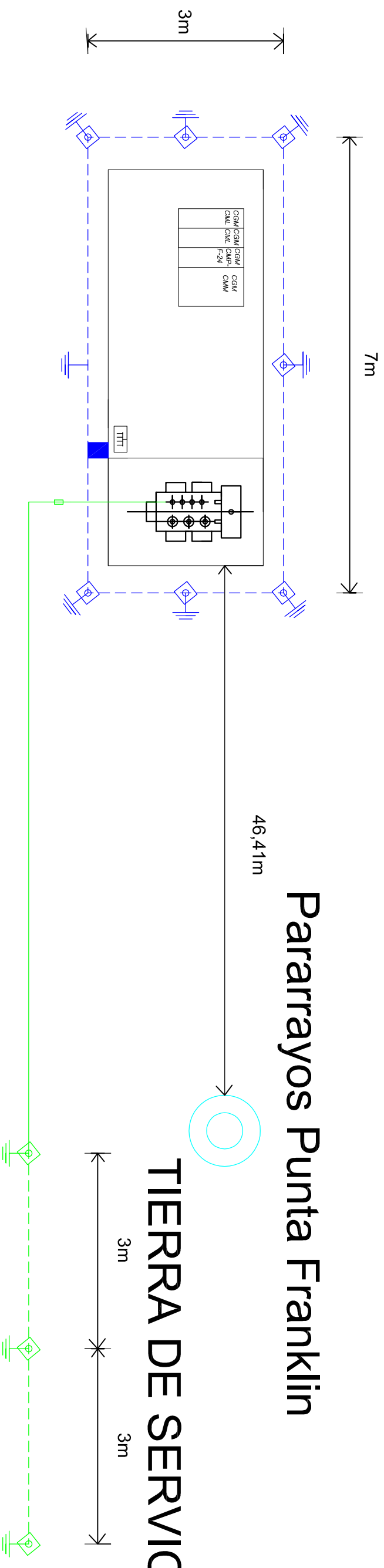
	Seccionador de puesta a Tierra
	Interruptor seccionador
	Interruptor de presencia de tensión
	Transformador de Tensión
	Transformador de Intensidad
	Interruptor automático de corte con fusible

CARACTERÍSTICAS  
PRINCIPALES DE LAS CELDAS

CGM-CML Celda de Línea	Un=24Kv ; In=400A Interruptor seccionador-rotativo Intensidad de ccto: 16KA-20KA Capacidad de Cierre: 40KA
CGM-CMP-F-24 Celda de Protección con fusible	Un=24Kv ; In=400A Interruptor seccionador-rotativo Intensidad de ccto: 16KA-20KA Capacidad de Cierre: 40KA Fusibles 3x40A
CGM-CMM Celda de Medida	Un=24Kv ; In=400A 3 transformadores de intensidad de relación 15-50/5A. Clase 05. Aislamiento 24KV 3 transformadores de tensión de relación 13200-22000/110 Clase 05 Aislamiento 24 KV

		Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	
PROYECTO:  <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>		<b>E.T.S.I.I.T.</b>	
		<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>	
		DEPARTAMENTO:  <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
		REALIZADO:  <b>BERGES, SERGIO</b>	
		FIRMA:	
		FECHA: 02/2013	
PLANO:  <b>CENTRO DE TRANSFORMACIÓN UNIFILAR</b>		ESCALA:	NºPLANO: 22

# Tierra de Protección



NOTA:

- TIERRA DE PROTECCIÓN:

50 / 30 - 8 / 84. Las picas tendrán un diámetro de 14mm y una Longitud de 4 m.

Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,8m.

Formarán un rectángulo de 7x3m.

*Unidas por un conductor desnudo de 50 mm<sup>2</sup>*





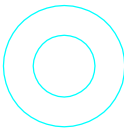


- TIERRA DE Servicio:


50 / 32. Las picas tendrán un diámetro de 14mm y una Longitud de 2 m.

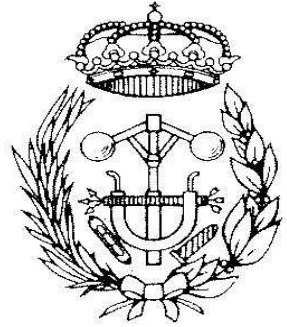
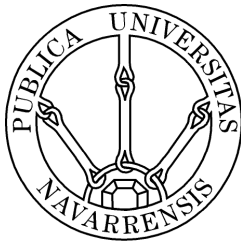
Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5m.

**Se situarán en hilera, distanciadas entre sí 3m**

*Unidas por un conductor desnudo de 50 mm<sup>2</sup>*

	Conductor desnudo de 50 mm <sup>2</sup>
	Conductor de cobre aislado 0,6/1kv de 50 mm <sup>2</sup>
	Pica de cobre de 14 mm de diametro
	Arqueta de registro
	Punta Franklin
	Caja de Medicción y seccionamiento de Puesta a Tierra
	Cuadro de BT del Centro de Transformación

 <p> <b>Universidad Pública</b>  de Navarra  Nafarroako  Unibertsitate Publikoa </p>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:  <b>DEPARTAMENTO DE  PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>INGENIERO  TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		
<b>PROYECTO:</b>  <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UNA  NAVE INDUSTRIAL CON CT</b>	REALIZADO:  <b>BERGES, SERGIO</b>		
FIRMA:			
<b>PLANO:</b>  <b>PUESTA A TIERRA DEL CT</b>	FECHA:  02/2013	ESCALA:	Nº PLANO:  23



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN”

PLIEGO DE CONDICIONES

Sergio Berges Viniegra

Tutor: Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Marzo 2013

## **ÍNDICE:**

### **4. Pliego de Condiciones:**

4.1 INTRODUCCIÓN	5
4.2 OBJETO	5
4.3 CONDICIONES GENERALES	5
4.3.1 Normas generales	5
4.3.2 Ámbito de aplicación	5
4.3.3 Conformidad y variación de las condiciones	5
4.3.4 Rescisión de contrato	5
4.3.5 Condiciones generales	6
4.4 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN	6
4.4.1 Datos de la obra	6
4.4.2 Obras que comprende	7
4.4.3 Mejoras y variaciones del proyecto	7
4.4.4 Personal	7
4.5 CONDICIONES PARTICULARES	8
4.5.1 Disposiciones aplicables	8
4.5.2 Contradicciones y omisiones del proyecto	8
4.5.3 Prototipos	8
4.6 NORMATIVA GENERAL	9
4.7 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	10
4.7.1 Normas de ejecución de las instalaciones	10
4.7.2 Ejecución de las obras	10
4.7.3 Ensayos	11
4.8 REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN	11
4.8.1 Objetivo	11

4.8.2 Condiciones generales	11
4.8.3 Ejecución del trabajo	12
4.8.4 Trazado de zanjas	12
4.8.5 Tendido de conductores	12
4.8.6 Identificación del conductor	13
4.8.7 Cierre de zanjas	13
 4.9 RECEPTORES	 14
4.9.1 Condiciones generales de la instalación	14
4.9.2 Receptores de alumbrado. Instalación	14
4.9.3 Conexiones de receptores	14
4.9.4 Receptores a motor. Instalación	15
4.9.5 Materiales auxiliares	16
 4.10 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES	 16
4.10.1 Protección de las instalaciones	16
4.10.1.1 Protección contra sobreintensidades	16
4.10.1.2 Protección contra sobrecargas	16
4.10.2 Situación de los dispositivos de protección	16
4.10.3 Características de los dispositivos de protección	17
 4.11 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS	 17
4.11.1 Protección contra contactos directos	17
4.11.2 Protección contra contactos indirectos	18
4.11.3 Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto	18
 4.12 ALUMBRADOS ESPECIALES	 19
4.12.1 Alumbrado de emergencia	19
4.12.2 Alumbrado de señalización	19
4.12.3 Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales	20
4.12.4 Fuentes propias de energía	20
4.12.5 Instrucciones complementarias	20

4.13 LOCAL 19	
4.13.1 Prescripciones de carácter general	21
4.14 MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA	22
4.15 PUESTA A TIERRA	22
4.15.1 Generalidades	22
4.15.2 Ensayos	23
4.16 CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GENERAL	23
4.16.1 Recepción provisional	23
4.16.2 Acta de comprobación de los resultados eléctricos	23
4.16.3 Medición de las caídas de tensión	24
4.16.4 Medición de tierras	24
4.16.5 Medida de aislamiento	24
4.16.6 Medición del factor de potencia	24
4.16.7 Comprobación del reparto de cargas	24
4.16.8 Comprobación de conexiones	24
4.17 CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICA	24

## **4.1 INTRODUCCIÓN:**

El presente Pliego comprende las condiciones especificadas en las Instrucciones del Ministerio de Industria y Energía señaladas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y Reglamento de Centros de Transformación, las Normas UNE, y las Normas Tecnológicas de Edificación (NTE).

## **4.2 OBJETO:**

El presente Pliego de Condiciones tiene por objeto definir al Contratista el alcance del trabajo y la ejecución cualitativa del mismo. Determina los requisitos a los que debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía Eléctrica cuyas características técnicas se especifican en Planos y demás documentación del Proyecto así como todos aquellos otros que con carácter de reforma surjan en el transcurso de los mismos, y aquellos que en el momento de la redacción del Proyecto se hubiesen podido omitir y fuesen necesarios para la completa terminación de las instalaciones a las que se refiere el Proyecto.

La Nave está situada en la Parcela sin número de la calle C del polígono industrial de Arazuri, al noroeste de Pamplona.

## **4.3 CONDICIONES GENERALES:**

### **4.3.1 Normas Generales:**

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal, así como, todas las otras que se establezcan en la Memoria Descriptiva del mismo.

Se adaptarán además, a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los Reglamentos y Normas citadas.

### **4.3.2 Ámbito de aplicación:**

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de la obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

### **4.3.3 Conformidad y variación de las condiciones:**

Se aplicarán estas condiciones para todas incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudiera introducir el autor del proyecto.

### **4.3.4 Rescisión del Contrato:**

Se consideraran causas suficientes para la rescisión del contrato las siguientes:



- Primero: Muerte o incapacidad del Contratista.
- Segunda: La quiebra del contratista.
- Tercera: Modificación del proyecto cuando produzca alteración en más o menos 25% del valor contratado.
- Cuarta: Modificación de las unidades de obra en número superior al 40% del original.
- Quinta: La no iniciación de las obras en el plazo estimado cuando sea por causas ajenas a la Propiedad.
- Sexta: La suspensión de las obras ya iniciadas siempre que el plazo de suspensión sea mayor de seis meses.
- Séptima: Incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique mala fe.
- Octava: Terminación del plazo de ejecución de la obra sin haberse llegado a completar ésta.
- Novena: Actuación de mala fe en la ejecución de los trabajos.
- Décima: Destajar o subcontratar la totalidad o parte

#### **4.3.5 Condiciones Generales:**

El contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en sucesivo se dicten. En particular deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 2402 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

### **4.4 CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN:**

#### **4.4.1 Datos de la obra:**

Se entregará al contratista una copia de la Memoria, planos y Pliego de Condiciones, así como cuantos datos necesite para la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto. El contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de la Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones, en los datos fijados en el Proyecto, salvo por aprobación previa del Director de Obra.

#### **4.4.2 Obras que comprende:**

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiere, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

Las obras que comprende este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando Nave Industrial a las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentren dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes.

- Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- Suministros de todo material necesario para las instalaciones.
- Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
- Colocación de luminarias.
- Colocación de cableado.
- Instalación de las protecciones eléctricas.
- Colocación de bandejas y tubos protectores para cableado.
- Ejecución del centro de transformación.

#### **4.4.3 Mejoras y variaciones del proyecto:**

No se considerarán como mejoras o variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por el Director de Obra y convenido precio del proceder a su ejecución.

Las obras delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

#### **4.4.4 Personal:**

El contratista no podrá utilizar personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar varios puntos a la vez.

El contratista tendrá al frente de los trabajadores, personal idóneo, el cual deberá atender cuantas ordenes procedan de la dirección técnicas de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido. El contratista es el único responsable de todas las contravenciones que él o su personal cometan durante la ejecución de las obras u operaciones relacionadas con las mismas.

También es responsable de los accidentes o daños que por errores, inexperiencia o empleo de métodos inadecuados se produzcan a la propiedad a los vecinos o terceros en general. El Contratista es el único responsable del incumplimiento de las disposiciones vigentes en la materia laboral respecto de su personal y por tanto los accidentes que puedan sobrevenir y de los derechos que puedan derivarse de ellos.

#### **4.5 CONDICIONES PARTICULARES:**

##### **4.5.1 Disposiciones aplicables:**

Antes de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones lo siguiente:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las Normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

##### **4.5.2 Contradicciones y omisiones del proyecto:**

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente especificados en los planos y en este pliego de condiciones.

##### **4.5.3 Prototipos:**

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la Dirección de Obras un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estime oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.

#### **4. 6 NORMATIVA GENERAL:**

- a) Se calificará como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular. Producción, conservación, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000V para corriente alterna.
- b) Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones eléctricas de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.
- c) Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión.
- d) Cuando se construya un local, edificio, o agrupación de estos, cuya previsión de carga exceda de 50KVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar suministro de energía previsible.  
El local, que debe ser de fácil acceso, se destinará exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como depósito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.
- e) Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley de 24 de noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica. Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizarán el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión.
- f) Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que realiza el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.

#### **4.7 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN:**

- El edificio, local o recinto destinado a alojar en su interior la instalación eléctrica descrita en el presente proyecto, cumplirá las Condiciones Generales prescritas en las Instrucciones del MIE-RAT 14 del Reglamento de Seguridad en Centrales Eléctricas, referentes a su situación, inaccesibilidad, pasos y accesos, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado y canalizaciones, etc.
- El Centro será construido enteramente con materiales no combustibles.
- Los elementos delimitadores del Centro (muros exteriores, cubiertas, solera, puertas, etc.), así como los estructurales en él contenidos (columnas, vigas, etc.) tendrán una resistencia al fuego de acuerdo con la norma NBE CPI-96 y los materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de clase MO de acuerdo con la Norma UNE 23727.
- El Centro tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmitan niveles sonoros superiores a los permitidos por las Ordenanzas Municipales. Concretamente, no se superarán los 30 dBA durante el periodo nocturno (y los 55 dBA durante el periodo diurno).
- Ninguna de las aberturas del Centro será tal que permita el paso de cuerpos sólidos de más de 12 mm. de diámetro. Las aberturas próximas a partes en tensión no permitirán el paso de cuerpos sólidos de más de 2,5 mm de diámetro, y además existirá una disposición laberíntica que impida tocar el objeto o parte en tensión.

##### **4.7.1 Normas de ejecución de las instalaciones:**

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de IBERDROLA.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

##### **4.7.2 Ejecución de las obras:**

Las celdas se colocarán en el lugar indicado en los planos. La colocación en lugar distinto al indicado, deberá ser aprobada por el Ingeniero Director. El instalador deberá realizar, en este caso, los planos de montaje necesarios, en los cuales se indiquen los nuevos canales para paso de conductores y cualquier otra instalación que,

como consecuencia del cambio, se vea afectada. El conjunto de las nuevas instalaciones deberá ser aprobado por el Ingeniero Director.

La barra de puesta a tierra se conectará a lo largo de todas las celdas y a la deberán conectarse todas las envolventes de las celdas y los elementos metálicos que tengan acceso directo. En los extremos de la barra, se conectará el cable principal de tierra con elementos apropiados de conexión.

Todas las armaduras y pantallas de los cables deberán ponerse a tierra.

La propiedad recibirá a la entrega de la instalación planos definitivos del montaje, con indicación de los datos referentes a resistencia de tierra, obtenidos en las mediciones efectuadas, así como los correspondientes a potencias máximas de utilización y márgenes de ampliación, si hubiesen sido tenidos en cuenta en el Proyecto.

En general, las obras e instalaciones se realizarán cumpliendo las instrucciones técnicas complementarias aprobadas en el reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

El contratista deberá cuidar y responsabilizarse de que, por parte del personal que realiza los trabajos, se cumplan las normas reguladas en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y en especial los Artículos 62 y 66.

#### **4.7.3 Ensayos:**

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA, conforme a las cuales está fabricada.

Asimismo, una vez ejecutado la instalación, se procederá, por parte de una entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

### **4.8 REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN:**

#### **4.8.1 Introducción:**

Se determinan las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras en la instalación de redes subterráneas de distribución.

#### **4.8.2 Condiciones generales:**

Se refieren al suministro e instalación de los materiales necesarios en la ejecución de las redes subterráneas de baja y media tensión. Cualquier duda de cualquier tipo que

pueda surgir de la interpretación del presente pliego durante el periodo de construcción, será resuelta por el director de Obra, cuya interpretación será aceptada íntegramente.

#### **4.8.3 Ejecución del trabajo:**

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a las reglas del arte.

#### **4.8.4 Trazado de zanjas:**

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se abrirán las zanjas, marcando tanto su anchura como su longitud y las tomas donde se dejan las llaves para la contención del terreno. Si ha habido posibilidad de conocer las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones debidas.

Antes de proceder a la apertura de las zanjas se abrirán calas de reconocimiento para confirmar o rectificar el trazado. Se estudiará la señalización de acuerdo con las normas municipales y se determinarán las protecciones precisas tanto de las zanjas como de los pasos que sean necesarios, así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos.

Al marcar el trazado de las zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en la curva con arreglo a la sección del conductor o conductores que se vayan a colocar.

#### **4.8.5 Tendido de conductores:**

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo siempre en cuenta que el radio de curvatura del cable sea superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y superior a 10 veces su diámetro una vez instalado.

En todo caso el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las Normas UNE correspondientes relativas a cada tipo de cable. Cuando los cables se tienden a mano los operarios estarán distribuidos de una manera uniforme a lo largo de la zanja. También se puede tender mediante cabrestantes tirando del extremo del cable al que se le habrá adaptado una cabeza apropiada y con un esfuerzo de tracción por mm<sup>2</sup> de conductor que no debe pasar del indicado por el fabricante del mismo. Será imprescindible la colocación de dinamómetros para medir dicha tensión.

El tendido se hará obligatoriamente por rodillos que puedan girar libremente y contruidos de forma que no dañen el cable. Durante el tendido se tomarán precauciones para evitar que el cable sufra esfuerzos importantes, golpes o rozaduras. No se permitirá desplazar lateralmente el cable por medio de palancas, deberá siempre hacerse a mano.

Sólo de manera excepcional se autorizará desenrollar el cable fuera de la zanja, siempre bajo la vigilancia del Director de Obra.



Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 0°C no se permitirá hacer el tendido del cable debido a la rigidez que toma el aislamiento. No se dejará nunca el cable tendido en una zanja abierta sin haber tomado antes la precaución de cubrirlo con una capa de 10 cm de arena fina y la protección de rasillas.

La zanja en toda su longitud deberá estar cubierta con una capa de arena fina en el fondo antes de proceder al tendido del cable. En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos. Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán al menos en una longitud de 0,5 m. Si las pendientes son muy pronunciadas y el terreno es rocoso e impermeable, se corre el riesgo de que la zanja de canalización sirva de drenaje originando un arrastre de la arena que sirve de lecho a los cables. En este caso se deberá efectuar la canalización asegurada con cemento en el tramo afectado. Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios, se tomarán todas las precauciones para no dañarlas, dejándolas al terminar los trabajos en las mismas condiciones en las que se encontraban primitivamente. Si involuntariamente se causara alguna avería en dichos servicios, se avisará con toda urgencia al Directo de Obra y a la empresa correspondiente con el fin de que procedan a su reparación. El encargado de obra por parte del Contratista deberá conocer la dirección de los servicios públicos así como su número de teléfono para comunicarse en caso de necesidad.

En el caso de que los cables sean unipolares:

- Se recomienda colocar en cada metro y medio por fase y en el neutro unas vueltas de cinta adhesiva para indicar el color distinto de dicho conductor.
- Cada metro y medio, envolviendo las tres fases de media Tensión, o las tres fases y el neutro en Baja Tensión, se colocará una sujeción que agrupe dichos conductores y los mantenga unidos.

#### **4.8.6 Identificación del conductor:**

Los cables deberán llevar marcas que indiquen el nombre del fabricante, el año de fabricación y sus características. Estas marcas serán grabadas de forma indeleble y se distanciarán entre sí unos 30 cm, tal y como se indica en las normas UNE-21123 y R.U. 3305.

#### **4.8.7 Cierre de zanjas:**

Una vez colocadas al cable las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación, debiendo realizarse los primeros 20 centímetros de forma manual.

El cierre de las zanjas deberá hacerse por capas sucesivas de 10 cm de espesor, las cuales serán apisonadas y regadas si fuese necesario con el fin de que quede suficientemente consolidado el terreno.



El contratista será el responsable de los hundimientos que se produzcan y serán de su cuenta las posteriores reparaciones oportunas. La carga y el transporte a vertederos de las tierras sobrantes están incluidos en la misma unidad de obra que el cierre de las zanjas con objeto de que el apisonado sea lo mejor posible.

## **4.9 RECEPTORES:**

### **4.9.1 Condiciones generales de la instalación:**

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc...), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, pueda producirse en funcionamiento. Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, humedad, gases, etc.

Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar las prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobreintensidades siendo de aplicación para ellos lo dispuesto en la instrucción ITC BT-22. Se adoptarán las características intensidad-tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.

### **4.9.2 Receptores de alumbrado. Instalación.**

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ellos los conductores que llevan la corriente a las mismas. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámpara fluorescente se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia de por lo menos hasta 0,90.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto a la ITCBT- 09 del RBT.

### **4.9.3 Conexiones de receptores:**

Todo receptor será accionado por un dispositivo que puede ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la ITC-BT-43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecta a un conjunto de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por intermedio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por intermedio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada del aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación, alcanzan más de 85 grados centígrados de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de materia termoplástica.

La conexión de conductores movibles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente
- Cajas de conexión
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos movibles.

#### **4.9.4 Receptores a Motor. Instalación:**

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1 KW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1 KW.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV, y todos los situados en los locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de protección. Esta constará de por lo menos un juego de fusibles cortacircuitos de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a éste.

#### **4.9.5 Materiales auxiliares:**

Toda la tornillería, así como arandelas, tuercas, contratueras, etc., que se utilizan como material auxiliar de la instalación eléctrica, serán de acero inoxidable. La pasta de sellado de tubos metálicos, cajas de derivación, etc., será por cuenta del contratista.

Todos los tubos protectores de PVC estarán sellados con espuma de poliuretano o producto equivalente.

### **4.10 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES**

#### **4.10.1 Protección de las instalaciones:**

##### **4.10.1.1 Protección contra sobreintensidades:**

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte electromagnético.

##### **4.10.1.2 Protección contra sobrecargas:**

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte omipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

#### **4.10.2 Situación de los dispositivos de protección:**

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto a las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se instalarán para una protección completa: interruptor automático, diferencial y fusibles.

#### **4.10.3 Características de los dispositivos de protección:**

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Los interruptores automáticos serán los apropiados a los circuitos a proteger en su funcionamiento a las curvas intensidad-tiempo adecuada. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a las de apertura y cierre.

Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevarán marcada su intensidad y tensión nominal, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

### **4.11 PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS:**

#### **4.11.1 Protección contra contactos directos:**

Para considerar satisfactoria la protección contra los contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- a) Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 metros hacia arriba, 1 metros abajo y 1 metro lateralmente.
- b) Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que pueden presentarse en su función.

- c) Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1mA.

#### **4.11.2 Protección contra contactos indirectos:**

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los elementos conductores, la extensión e importancia de la instalación, etc., que obligarán en cada caso a adoptar la medida de protección más adecuada.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las clases siguientes:

##### Clase A:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección
- Conexiones equipotenciales.

##### Clase B:

Se basa en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

La aplicación de los sistemas de protección de la Clase A no es generalmente posible, sin embargo se puede aplicar de manera limitada y solamente para ciertos equipos, materiales o partes de la instalación.

#### **4.11.3 Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por Intensidad de defecto:**

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumplan las condiciones siguientes:

En instalaciones con el punto neutro unido directamente a tierra (como es el caso):

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:
  - 24 voltios en locales conductores.
  - 50 voltios en los demás casos.
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Se utilizarán como dispositivos de corte automáticos sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente a la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

## **4.12 ALUMBRADOS ESPECIALES:**

### **4.12.1 Alumbrado de Emergencia:**

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil del personal hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.

### **4.12.2 Alumbrado de señalización:**

Es el que se instala para funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con público.

Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementarios o procedentes de fuente propia de energía eléctrica. Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización falle, o su tensión baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban iluminarse con este alumbrado, coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

#### **4.12.3 Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales:**

- a) Con alumbrado de emergencia: Todos los locales de reunión que puedan albergar 300 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios.
- b) Con alumbrado de señalización: Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 Lux.

#### **4.12.4 Fuentes propias de energía.**

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos automáticos autónomos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidores de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal.

La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

#### **4.12.5 Instrucciones complementarias:**

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

## **4.13 LOCAL:**

### **4.13.1 Prescripciones de carácter general:**

Las instalaciones en los locales a que afectan las presentes prescripciones, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan:

- a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente o, igualmente, en el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia lo justifique.
- b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre el dispositivo de mando y protección preceptivo según la Instrucción MI BT 16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas en dicho punto, un dispositivo de mando y protección. Del citado general saldrá las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios.
- c) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates...), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre del cuadro general.
- d) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores del cuadro se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenecen.
- e) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en una cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de las lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas.
- f) Las canalizaciones estarán constituidas por:
  - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de la llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.



- Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles.
  - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000V, armados directamente sobre paredes.
- g) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

#### **4.14 AMEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA:**

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencial inferior a 0,90 deberán ser compensadas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Por la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior a un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descarga a tierra.

#### **4.15 PUESTA A TIERRA:**

##### **4.15.1 Generalidades:**

En cada instalación se efectuará una red de tierra. El conjunto de líneas y tomas de tierra tendrán unas características tales, que las masas metálicas no podrán ponerse a una tensión superior a 24V, respecto de la tierra.

Todas las carcasas de aparatos de alumbrado, así como enchufes, dispondrán de su toma de tierra, conectada a una red general independiente de la de los centros de transformación y de acuerdo con el Reglamento de BT.

Las instalaciones de toma de tierra, seguirán las normas establecidas en el RBT y sus instrucciones complementarias.

Los materiales que compondrán la red de tierra estarán formados por placas, electrodos, terminales, cajas de pruebas con sus terminales de aislamiento y medición, etc...

Donde se prevea falta de humedad o terreno de poca resistencia se colocarán tubos de humidificación además de reforzar la red con aditivos químicos. La resistencia mínima a corregir no alcanzará los 4 ohmios.

La estructura de obra civil será conectada a tierra. Todos los empalmes serán tipo soldadura aluminotermia sistema CADWELL o similar.

#### **4.15.2 Ensayos:**

La recepción de los materiales se hará comprobando que cumplan las condiciones funcionales y de calidad fijadas en el RBT y en el resto de normativa vigente.

Cuando el material llegue a la obra con Certificado de Origen Industrial que acredite el cumplimiento de dichas normativas, su recepción se realizará comprobando únicamente sus características aparentes.

El tipo de ensayos a realizar, así como su número y las condiciones de no aceptación automática serán los fijados por la NTE-IEP/1973: “Instalaciones de electricidad: Puesta a Tierra”.

### **4.16 CONSIDERACIONES DE CARÁCTER GENERAL:**

#### **4.16.1 Recepción Provisional:**

Terminadas las obras e instalaciones, y como requisito previo a la recepción provisional de las mismas, la Dirección Facultativa procederá a la realización de los ensayos y medidas necesarias para comprobar que los resultados y condiciones de la instalación son satisfactorios. Si los resultados no fuesen satisfactorios, el Contratista realizará cuantas modificaciones y operaciones sean necesarias para lograrlo.

Obtenidos los resultados satisfactorios, se procederá a la redacción y firma del documento de Recepción Provisional, al que se acompañarán dos actas firmadas por la Dirección Facultativa y visadas por el Colegio oficial correspondiente en las que se recoja lo siguiente:

*"Al término de las obras y antes de la entrada en servicio serán examinadas y comprobadas por la Dirección Facultativa, las condiciones de funcionamiento de la instalación y, si las mismas son las adecuadas, se procederá a redactar el documento de Recepción Provisional, al que se adjuntarán las siguientes actas".*

#### **4.16.2 Acta de comprobación de los resultados eléctricos:**

Previo comprobación sobre el terreno, se recogerán en acta firmada por la Dirección Facultativa las siguientes medidas eléctricas que nunca podrán ser inferiores a las del Proyecto y a las preceptuadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias del mismo.

#### **4.16.3 Medición de las Caídas de Tensión:**

Con toda la instalación en marcha se medirá la tensión en la acometida desde el Centro de Transformación y en los extremos de los diversos circuitos, comprobándose si las caídas de tensión son las admitidas.

#### **4.16.4 Medición de Tierras:**

Se medirá la resistencia a tierra a lo largo de los elementos que componen el circuito de tierra y se comprobará que no es inferior al límite establecido.

#### **4.16.5 Medida de Aislamiento:**

Con los correspondientes elementos de la instalación conectados, se medirá la resistencia de aislamiento de cada circuito y la total, comprobándose que no es inferior al límite establecido.

#### **4.16.6 Medición del Factor de Potencia:**

Se medirá el factor de potencia de la acometida del Centro de Transformación, estando toda la instalación conectada y se comprobará que es superior o igual a 0,9.

#### **4.16.7 Comprobación del Reparto de Cargas:**

Se conectará por separado cada uno de los circuitos y se comprobará que las fases a las que están conectados son las que correspondan.

Seguidamente, se conectarán todos los elementos de la instalación y se medirá la intensidad de régimen de cada una de las fases en el Centro de Transformación y se comprobará que le desequilibrio es inferior al admisible.

#### **4.16.8 Comprobación de Conexiones:**

Se comprobará que la intensidad nominal de los circuitos no supere el valor de la Intensidad Máxima Admisible en el conductor protegido.

### **4.17 CONDICIONES GENERALES DE ÍNDOLE ECONÓMICA:**

- Como base general de estas Condiciones Generales de Índole Económica, se establece el principio de que el Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, siempre que éstos se hallan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y Condiciones Generales y Particulares que rijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.
- El Ingeniero podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de si éste reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato. Dichas referencias, si le son pedidas, las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato.

- Se exigirá al Contratista, para que cumpla con lo contratado, una fianza del 10% del Presupuesto de las obras adjudicadas.

Si, el Contratista, se negara a hacer por su cuenta los trabajos precisos para realizar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director, en representación del Propietario, las ordenará ejecutar a un tercero o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el Propietario en el caso de que el importe de la fianza no bastase para abonar el total de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

- La fianza depositada será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá en 8 días, una vez firmada el acta de la recepción definitiva de la obra, siempre que el Contratista haya acreditado, por medio de Certificación del Ayuntamiento, que no existe reclamación alguna contra él por daños y perjuicios que sean de su cuenta o por deudas de los jornales o los materiales, ni por indemnizaciones derivadas de accidentes ocurridos en los trabajos.
- Los precios de unidades de obra, así como de los materiales, se fijarán entre el Ingeniero Director y el Contratista o su representante expresamente designado para estos efectos. El Contratista los presentará descompuestos, siendo condición necesaria la presentación y aprobación de estos precios antes de proceder a la ejecución de las unidades de obra correspondientes.

De los precios así acordados se levantarán actas, que firmarán por triplicado: el Ingeniero Director, el Propietario y el Contratista o los representantes autorizados a estos efectos por ellos

- Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación y observación oportuna, no podrá, bajo ningún pretexto de error u omisión, reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del Presupuesto que sirve de base a la ejecución de la obra.

Tampoco se le admitirá reclamación de clase alguna fundada en indicaciones que sobre las obras se hagan en la Memoria, por no ser éste el documento que sirve de base a la Contrata. Las equivocaciones materiales o errores aritméticos que el Presupuesto pueda tener, ya por variación de los precios con respecto de los de los cuadros correspondientes, ya por errores aritméticos en las cantidades de obra o en su importe, se corregirán en cualquier época que se observen, pero no se tendrán en cuenta a los efectos de la rescisión del contrato, señalados en los documentos relativos a las Condiciones Generales o Particulares de Índole Facultativa, salvo en el caso de que el Ingeniero Director o el Contratista los hubieran hecho notar en el plazo de 4 meses, contados desde la fecha de adjudicación.

Las equivocaciones materiales no alterarán la baja proporcional hecha en la Contrata, respecto del importe del Presupuesto que a de servir de base a la misma, pues esta baja se fijará siempre por la relación entre las cifras de dicho Presupuesto, antes de las correcciones, y la cantidad ofrecida.

Contratándose las obras a riesgo y altura y ventura, es natural por ello que, en principio, no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variabilidad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que son características en determinadas épocas anormales, se admite durante ellas la revisión de los precios contratados, bien en alza o en baja, y en armonía con las oscilaciones de los precios en el mercado, siempre y cuando se convenga en el oportuno Contrato de Ejecución de Obras.

Por ello, y en los casos de revisión al alza, el Contratista puede solicitarla del Propietario, en cuanto se produzca cualquier alteración del precio que repercuta aumentando los contratos. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario, antes de comenzar o reanudar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado haya aumentado, especificándose y acordándose, también previamente, la fecha a partir de la cual se haya subido, aplicándose el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta, siempre que proceda, el acopio de materiales en la obra, en el caso de que estuviesen parcial o totalmente abonados por el Contratista.

Si el Propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviese conforme con los nuevos precios de los materiales, el transporte, etc, que el Contratista desea percibir, aquél tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transporte, etc. a precios inferiores de los pedidos por el Contratista, en cuyo caso, como es lógico y natural, se tendrá en cuenta para la revisión de los precios de los materiales, transporte, etc. adquiridos por el Contratista, merced a la información del Propietario.

Cuando el Propietario o el Ingeniero Director, en su representación, solicita del Contratista la revisión de precios, por haber bajado los de jornales, materiales, transporte, etc, se convendrá entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en las obras, en equidad por la baja experimentada por cualquiera de los elementos constitutivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados.

La fórmula de revisión de los precios de la Contrata se establecerá de mutuo acuerdo entre las partes contratantes, quedando ésta reflejada en el oportuno contrato de obra.

El Contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya ejecutado, con arreglo a lo preceptuado en el Proyecto, a las condiciones de la Contrata y a las indicaciones y órdenes que, por escrito, entregue el Ingeniero Director, y siempre dentro de las cifras a que ascienden los Presupuestos aprobados.

Tanto en las certificaciones como en la liquidación final, las obras serán, en todo caso, abonadas a los precios que para cada unidad de obra figuran en la oferta aceptada, a los precios contradictorios fijados en el transcurso de las obras, de acuerdo con lo previsto en el presente Pliego de Condiciones Generales de Índole Económica para estos efectos, así como respecto a las partidas alzadas y obras accesorias y complementarias.

Si las obras se hubiesen adjudicado por subasta o concurso, servirán de base para su valoración los precios que figuran en el Presupuesto del Proyecto, con las mismas

condiciones expresadas anteriormente para los precios de la oferta. Al resultante de la valoración ejecutada en dicha forma, se le aumentará el tanto por ciento necesario para obtención del precio de la Contrata, y de la cifra obtenida se descontará la que proporcionalmente corresponda a la baja de subasta a remate.

En ningún caso, el número de unidades que se consigne en el Proyecto o en el Presupuesto, podrá servir de fundamento para reclamaciones de ninguna clase.

- Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos y su importe corresponderá precisamente al de las Certificaciones de Obra expedidas por el Ingeniero Director, en virtud de las cuales se verifican dichos pagos.
- En ningún caso, el Contratista podrá, alegando retraso en los pagos, suspender los trabajos o ejecutarlos a menor ritmo que el corresponda con arreglo a los plazos en que deben terminarse.
- El importe de la indemnización que debe abonar el Contratista por causa de retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras contratadas, será el importe de la suma de perjuicios materiales causados por la imposibilidad de la ocupación del inmueble, debidamente justificados.
- El Contratista no tendrá derecho a indemnización por causa de pérdidas, averías o perjuicios ocasionados en las obras, salvo en los casos de fuerza mayor. Para los efectos de este Artículo, se considerarán como tales casos únicamente los que siguen:
  - Los incendios causados por electricidad atmosférica.
  - Los daños producidos por terremotos o maremotos.
  - Los producidos por vientos huracanados, mareas o crecidas de los ríos, superiores a las que sean de prever en el país y siempre que exista constancia inequívoca de que por el Contratista se tomaron las medidas posibles dentro de sus medios, para evitar o atenuar los daños.
  - Los que provengan de movimientos del terreno en que se están efectuando las obras.

La indemnización se referirá, exclusivamente, al abono de las unidades de obras ya ejecutadas o materiales almacenados a pie de obra, que, en ningún caso, comprenderán medios auxiliares, maquinaria, instalaciones, etc. propiedad de la Contrata.

No se admitirán mejoras en la obra, salvo en el caso de que el Ingeniero Director haya ordenado por escrito la ejecución de nuevos trabajos o que se mejore la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Ingeniero Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan, por Contrata, los objetos que tengan

asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora en caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que, con cargo a la citada Sociedad, se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se va realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista, se efectuará por Certificaciones como el resto de los trabajos de construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecha en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de la reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto, será motivo suficiente para que el Contratista pueda rescindir la Contrata, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales almacenados, etc. y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Sociedad Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero Director.

En las obras de reforma o reparación se fijará previamente la porción del edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se previene, se entenderá que el seguro a de comprender toda parte del edificio afectada por las obras.

Los riesgos asegurados y las condiciones de la póliza o pólizas de seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del Propietario, al objeto de obtener de éste su previa conformidad o sus reparos.

- Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el periodo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Ingeniero Director, en representación del Propietario, antes de la recepción, procederá a disponer de todo lo que crea necesario para que atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuera menester para su buena conservación, abonándose todo ello a cuenta de la Contrata.

A1 abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras como por rescisión del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Ingeniero Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio, y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más materiales, útiles, herramientas, muebles, etc. que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuera preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, el Contratista está obligado a revisar y repasar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente Pliego de Condiciones Económicas.

El Ingeniero Director se niega de antemano al arbitraje de precios, después de ejecutada la obra, en el supuesto de que los precios base contratados no sean puestos en su conocimiento previamente a la ejecución de la obra.





# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN”

## PRESUPUESTO

Sergio Berges Viniegra

Tutor: Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Marzo 2013



**ÍNDICE:****5. Presupuesto:**

5.1 ACOMETIDA BT	4
5.2 PROTECCIONES	5
5.2.1 Cuadro General de Distribución	5
5.2.2 Cuadro secundario I	6
5.2.3 Cuadro secundario II	7
5.2.4 Cuadro secundario III	8
5.2.5 Cuadro secundario IV (oficinas)	9
5.2.6 Cuadro secundario V (alumb 1)	10
5.2.7 Cuadro secundario VI (alumb 2)	11
5.2.8 Tabla resumen	11
5.3 CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES	12
5.3.1 Conductores	12
5.3.2 Tubos	13
5.3.3 Canalizaciones	13
5.3.4 Tabla resumen	14
5.4 PUESTA A TIERRA	14
5.4.1 Puesta a tierra	14
5.5 EQUIPOS DE ALUMBRADO	15
5.5.1 Alumbrado interior	15
5.5.2 Alumbrado exterior	15
5.5.3 Alumbrado de emergencia	15
5.5.4 Tabla resumen	15
5.6 ELEMENTOS VARIOS	16
5.6.1 Tomas de corriente, bases, interruptores	16

5.7 COMPENSACIÓN DE LA ENERGIA REACTIVA	16
5.7.1 Batería de condensadores	16
5.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	17
5.8.1 Obra civil	17
5.8.2 Caseta del centro	17
5.8.3 Transformador de potencia	17
5.8.4 Aparamenta de media tensión	18
5.8.5 Equipo de baja tensión	19
5.8.6 Puesta a tierra del centro	20
5.8.7 Tabla resumen	20
5.9 SAI	21
5.10 EQUIPOS DE SEGURIDAD Y SALUD	22
5.11 RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN	23

**5.1 ACOMETIDA**

<b>Nº Orden</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.1.1	Metros	Cable RZ1 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 150 mm2 Cu	450	29,40	13230,00
5.1.2	Metros	Cable RZ1 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 70 mm2 Cu	150	22,30	3345,00
5.1.3	Metros	Tubo de XLPE corrugado de doble pared, de 180 mm de diámetro, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior y corrugado por el exterior, color rojo FU 15 R de resistencia de aplastamiento 450 N	50	5,75	287,50
5.1.4	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	16	22,00	352,00

**SUBTOTAL: 17214€**

**5.2 PROTECCIONES****5.2.1 CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN:**

<b>Nº Orden</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.2.1.1	Unid.	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider Electric. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida 850x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	214,16	214,16
5.2.1.2	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin Micrologic 2.0 NS1000N, Calibre 1000 A, PdC 50KA, 4p	1	7777,55	7777,55
5.2.1.3	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin NSX400N Micrologic 2.3, Calibre 400A, 4P, PdC 25 KA	2	3270,40	3270,40
5.2.1.4	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin NSX160N Micrologic 2.2, Calibre 630A, 4P, PdC 25 KA	1	5950,80	5950,80
5.2.1.5	Unid.	Bobina MX 220-240V 50/60Hz 208-277V 60Hz	3	116,04	348,12
5.2.1.6	Unid.	Toroidal MA 120 mm Merlin Gerin	3	396,37	1189,11
5.2.1.7	Unid.	Rele Dif.RH99M 1200mA/30A 0-4,5s 220-240vac Merlin Gerin	1	550,45	550,45
5.2.1.8	Unid.	Rele Dif.RH99M 600mA/30A 0-4,5s 220-240vac Merlin Gerin	2	276,01	552,02
5.2.1.9	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin Compact NSX250F Micrologic 2.2, Calibre 250A, 4P, PdC 25 KA	2	2129,32	4258,64
5.2.1.10	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin NG125N, 4p, Calibre 30A, PdC 25 KA	1	296,05	888,15
5.2.1.11	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin Compact NSX160F Micrologic 2.2 125A 4P PdC 25 KA	2	1054,69	2109,38
5.2.1.12		Interruptor automático Merlin Gerin Compact NSX160F Micrologic 2.2 200A 4P PdC 25 KA	1	1350,75	1350,75
5.2.1.13	Horas	Mano de obra y montaje	32	22,00	704,00

**SUBTOTAL: 29163,53 €****5.2.2. CUADRO SECUNDARIO I**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.2.1	Unid.	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider Electric. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida 650x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	188,72	188,72
5.2.2.2	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 4p, Calibre 30A, PdC 10KA, Curva C	1	296,05	296,05
5.2.2.3	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-25-300, 4p, Calibre 25 A, Sensibilidad 300 mA	2	236,05	472,10
5.2.2.4	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-25-30, 4p, Calibre 25 A, Sensibilidad 30 mA	2	276,79	553,58
5.2.2.5	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 3p, Calibre 2 A, PdC 10 KA, Curva C	6	267,71	1606,26
5.2.2.6	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 3p, Calibre 12 A, PdC 10 KA, Curva D	1	169,50	169,50
5.2.2.7	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 4p, Calibre 3 A, PdC 10 KA, Curva C	3	359,43	1078,29
5.2.2.8	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	16	22,00	352,00

**SUBTOTAL: 4716,5 €**

**5.2.3 CUADRO SECUNDARIO II**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.3.1	Unid.	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider Electric. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida 850x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	214,16	214,16
5.2.3.2	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin Compact NSX160N Micrologic 2.2, Calibre 160 A, 4P, PdC 10 KA	1	1086,75	1086,75
5.2.3.3	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin Compact NSX160N Micrologic 2.2, Calibre 125A, 4P, PdC 10 KA	1	1054,69	1054,69
5.2.3.4	Unid.	Bobina MX 220-240V 50/60Hz 208-277V 60Hz	1	116,04	116,04
5.2.3.5	Unid.	Toroidal MA 80 mm Merlin Gerin	1	396,37	396,37
5.2.3.6	Unid.	Rele Dif.RH99M 30mA/30A 0-4,5s 220-240vac Merlin Gerin	1	276,01	276,01
5.2.3.7	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-25-30, 4p, Calibre 25 A, Sensibilidad 30 mA	2	276,79	553,58
5.2.3.8	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 3p, Calibre 40 A, PdC 10 KA, Curva D	1	208,25	208,25
5.2.3.9	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 3p, Calibre 10 A, PdC 10 KA, Curva D	1	167,34	167,34
5.2.3.10	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C120N, 3p, Calibre 80 A, PdC 10 KA, Curva C	1	225,32	225,32
5.2.3.11	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 4p, Calibre 3A, PdC 10KA, Curva D	6	359,43	2156,58
5.2.3.12	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	16	22,00	352,00

**SUBTOTAL: 6807,09 €**

**5.2.4 CUADRO SECUNDARIO III**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.5.1	Unid.	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider Electric. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 11 módulos, de medida 650x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08303	1	188,72	188,72
5.2.5.2	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin Compact NSX250H Micrologic 2.2, Calibre 250A, 4P, PdC 15KA	1	2392,08	2392,08
5.2.5.3	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-100-300, 4p, Calibre 100 A, Sensibilidad 300mA	2	536,57	1073,14
5.2.5.4	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-25-30, 4p, Calibre 25 A, Sensibilidad 30 mA	1	276,79	276,79
5.2.5.5	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60H, 3p, Calibre 50 A, PdC 15 KA, Curva C	2	281,38	562,76
5.2.5.6	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60H, 3p, Calibre 20 A, PdC 15 KA, Curva C	4	175,48	701,92
5.2.5.7	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60H, 3p, Calibre 12 A, PdC 15 KA, Curva C	2	169,50	339,00
5.2.5.8	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60H, 4p, Calibre 3 A, PdC 15 KA, Curva C	1	359,43	359,43
5.2.5.9	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	12	22,00	264,00

**SUBTOTAL: 6157,84 €**

**5.2.5 CUADRO SECUNDARIO IV**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.6.1	Unid.	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider Electric. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 18 módulos, de medida 1000x700x320 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	232,24	232,24
5.2.6.2	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin Compact NSX160F Micrologic 2.2, Calibre 125 A, 4P, PdC 10 KA	1	1054,69	1054,69
5.2.6.3	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-25-30, 4p, Calibre 25 A, Sensibilidad 30 mA	4	276,79	1107,16
5.2.6.4	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-63-30, 4p, Calibre 40 A, Sensibilidad 30mA	1	287,74	287,74
5.2.6.5	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-40-30, 4p, Calibre 32 A, Sensibilidad 30mA	1	287,74	287,74
5.2.6.6	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 10 A, PdC 10 KA, Curva D	13	111,01	1443,13
5.2.6.7	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 16 A, PdC 10 KA, Curva D	1	113,12	113,12
5.2.6.8	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 20 A, PdC 10 KA, Curva D	2	175,48	350,96
5.2.6.9	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 6 A, PdC 10 KA, Curva D	6	126,07	756,42
5.2.6.10	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 4 A, PdC 10 KA, Curva D	3	173,97	521,91
5.2.6.11	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 1 A, PdC 10 KA, Curva D	1	173,97	173,97
5.2.6.12	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	24	22,00	528,00

**SUBTOTAL: 6857,08 €**



**5.2.6 CUADRO SECUNDARIO V (ALUMBRADO 1)**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.7.1	Unid.	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider Electric. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida 850x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	214,16	214,16
5.2.7.2	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin Compact NSX250F Micrologic 2.2, Calibre 315A, 4P, PdC 10KA	1	2975,40	2975,40
5.2.7.3	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-100-30, 4p, Calibre 80 A, Sensibilidad 30 mA	3	442,34	1327,02
5.2.7.4	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-100-30, 4p, Calibre 25 A, Sensibilidad 30 mA	1	276,79	276,79
5.2.7.5	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-100-30, 4p, Calibre 63 A, Sensibilidad 30 mA	1	624,27	624,27
5.2.7.6	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 25 A, PdC 10 KA, Curva C	9	112,23	1010,07
5.2.7.7	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 1 A, PdC 10 KA, Curva C	3	173,97	521,91
5.2.7.8	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 20 A, PdC 10 KA, Curva D	3	126,07	378,21
5.2.7.9	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	20	22,00	440,00

**SUBTOTAL: 7785,91 €**

**5.2.7 CUADRO SECUNDARIO VI (ALUMBRADO 2)**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.2.7.1	Unid.	Armario metálico de distribución. Marca: Schneider Electric. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 15 módulos, de medida 850x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 08304	1	214,16	214,16
5.2.7.2	Unid.	Interruptor automático Merlin Gerin Compact NSX250F Micrologic 2.2, Calibre 250A, 4P, PdC 10KA	1	2392,08	2392,08
5.2.7.3	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-100-30, 4p, Calibre 80 A, Sensibilidad 30 mA	3	442,34	1327,02
5.2.7.4	Unid.	Interruptor diferencial Merlin Gerin ID 4-100-30, 4p, Calibre 25 A, Sensibilidad 30 mA	3	276,79	830,37
5.2.7.6	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 25 A, PdC 10 KA, Curva D	9	112,23	1010,07
5.2.7.7	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 1 A, PdC 10 KA, Curva D	3	144,52	433,56
5.2.7.8	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 2p, Calibre 3 A, PdC 10 KA, Curva C	3	126,07	378,21
5.2.7.9	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico Merlin Gerin C60N, 4p, Calibre 3 A, PdC 10 KA, Curva C	3	359,43	1078,29
5.2.7.10	Unid.	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	20	22,00	440,00

**SUBTOTAL: 8103,76 €****5.2.8 RESUMEN**

SUBTOTAL	PRESUPUESTO TOTAL	IMPORTE (€)
5.2.1	Cuadro general de distribución	29163,53
5.2.2	Cuadro secundario I	4716,50
5.2.3	Cuadro secundario II	6807,09
5.2.4	Cuadro secundario III	6157,84
5.2.5	Cuadro secundario IV	6857,08
5.2.6	Cuadro secundario V (Alumb 1)	7785,91
5.2.7	Cuadro secundario VI (Alumb 2)	8103,76
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>69591,82</b>

**5.3 CONDUCTORES, TUBOS Y CANALIZACIONES****5.3.1 CONDUCTORES**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.3.1.1	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 1,5 mm2 Cobre	3092,64	1,10	3401,90
5.3.1.2	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 2,5 mm2 Cu	3032,47	1,86	5640,39
5.3.1.3	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 4 mm2 Cu	1350,1	2,16	2916,22
5.3.1.4	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 6 mm2 Cu	973,7	2,50	2434,25
5.3.1.5	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 10 mm2 Cu	4140,56	4,10	16976,30
5.3.1.6	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 16 mm2 Cu	105,6	6,21	655,78
5.3.1.7	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 25 mm2 Cu	246,17	9,51	2341,08
5.3.1.8	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 35 mm2 Cu	170,98	13,30	2274,03
5.3.1.9	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 50 mm2 Cu	360,97	18,80	6786,24
5.3.1.10	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 70 mm2 Cu	170,98	22,30	3812,85
5.3.1.11	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 120 mm2	201,75	26,50	5346,38
5.3.1.12	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 150 mm3	344,46	51,974	17902,96
5.3.1.13	Metros	Cable RZ1 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 150 mm2	168,48	5,45	918,22
5.3.1.14	Metros	Cable RZ1 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian, 70 mm2	450	28,9	13005,00
5.3.1.15	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	150	22,00	3300,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>87711,59</b>

**5.3.2 TUBOS:**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.3.2.1	Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 16 mm	1040,88	0,25	260,22
5.3.2.2	Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 20 mm	1487,14	0,45	669,21
5.3.2.3	Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 25 mm	1428,92	0,74	1057,40
5.3.2.4	Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 32 mm	26,80	0,95	25,46
5.3.2.5	Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 40 mm	0,00	1,05	0,00
5.3.2.6	Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 50 mm	148,92	1,20	178,70
5.3.2.7	Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 63 mm	0,00	1,32	0,00
5.3.2.8	Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Φ 75 mm	238,23	1,45	345,43
5.3.2.9	Metros	Tubo de acero flexible galvanizado, incluido fijaciones y material complementario, Φ 50 mm.	1040,88	12,60	13115,09
5.3.2.10	Metros	Tubo de acero flexible galvanizado, incluido fijaciones y material complementario, Φ 60 mm.	1040,88	14,10	14676,41
5.3.2.11	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	80	22,00	1760,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>32087,93</b>

**5.3.3 CANALIZACIONES**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.3.3.1	Metros	M.I.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 400x60 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	284	17,40	4941,60
5.3.3.3	Metros	Soporte para la bandeja (cada 3 m) Marca: REJIBAND	95	6,58	625,10
5.3.3.4	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	50	22,00	1100,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>6666,70</b>

**5.3.4 TABLA RESUMEN**

<b>SUBTOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>IMPORTE (€)</b>
5,3.1	Conductores	87712
5,3.2	Tubos	32088
5,3.3	Canalizaciones	6667
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>126466</b>

**5.4 PUESTA A TIERRA:****5.4.1 PUESTA A TIERRA:**

<b>Nº Orden</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.4.1	Unid.	Pica de tierra de 2 metros de longitud de acero-cobre. Incluida soldadura aluminotérmica CADWEL a la red de tierra y otros accesorios.	4	14,35	57,40
5.4.2	Unid.	Arqueta de registro de instalación de tierra con tapa de registro URIARTE TR-230, recibida en hormigón HM-20-E-40-2B de espesor 25 cm y 80 cm de profundidad.	4	27,32	109,28
5.4.3	Unid.	Red de tierra constituida con cable de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> de sección.	362	5,44	1969,28
5.4.4	Unid.	Kits de soldadura aluminotérmica. Totalmente instalada	16	7,85	125,60
5.4.5	Unid.	Caja de seccionamiento de tierra URIARTE CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión. Incluidos accesorios.	1	25,87	25,87
5.4.6	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	16	22,00	352,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2639,43</b>

**5.5 EQUIPOS DE ALUMBRADO****5.5.1 ALUMBRADO INTERIOR**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.5.1.1	Unid.	PHILIPS HPK150 1XHPI-P400W-BU SGR PWB+GPK150R+GC	125	279,00	34875,00
5.5.1.2	Unid.	PHILIPS TBS324 2XTL-D36W HFP C5 GT	27	403,00	10881,00
5.5.1.3	Unid.	PHILIPS TBS318 2XTL-D36W HFP C5 GT	57	172,00	9804,00
5.5.1.4	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	80	22,00	1760,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>57320,00</b>

**5.5.2 ALUMBRADO EXTERIOR**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.5.2.1	Unid.	Philips SGS253 CDM-TT 150W K 230V II OR GB GR ST	45	365,00	16425,00
5.5.2.2	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	70	22,00	1540,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>17965,00</b>

**5.5.3 ALUMBRADO DE EMERGENCIA**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.5.3.1	Unid.	LEGRAND B65 61585 6W	50	70,02	3501,00
5.5.3.2	Unid.	LEGRAND B65 61563 6W	9	64,32	578,88
5.5.3.3	Unid.	LEGRAND B65 61512 6W	8	58,62	468,96
5.5.3.4	Unid.	LEGRAND B65 61510 6W	7	56,46	395,22
5.5.3.5	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	16	22,00	352,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>5296,06</b>

**5.5.4 TABLA RESUMEN**

SUBTOTAL	PRESUPUESTO TOTAL	IMPORTE (€)
5.5.1	Alumbrado interior	57320
5.5.2	Alumbrado exterior	17965
5.5.3	Alumbrado	5296
<b>SUBTOTAL</b>		<b>80581</b>

**5.6 ELEMENTOS VARIOS****5.6.1 TOMAS DE CORRIENTE, BASES E INTERRUPTORES**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.6.1.1	Unid.	Toma de corriente (2P+T) de 16 A con caja de empotrar, 230 V, Marca Legrand	10	8,97	89,70
5.6.1.2	Unid.	2 T.C. 16A(F+N+T) + 1 T.C. SAI 16A + voz + datos con caja para empotrar. Marca CIMABOX	6	19,98	119,88
5.6.1.3	Unid.	Toma de corriente trifásica de 16 A (4P+T) con caja de empotrar, 400V, Marca Legrand	8	24,13	193,04
5.6.1.4	Unid.	Interruptor unipolar, 10 A, 230/240V, Serie Coral, Marca BJC	6	3,90	23,40
5.6.1.5	Unid.	Conmutador, 10 A, 230/240V, Serie Ibiza, Marca BJC	4	11,11	44,44
5.6.1.6	Unid.	Conmutador, 10 A, 230/240V, Serie Ibiza, Marca BJC (de Cruce)	1	13,75	13,75
5.6.1.7	Unid.	Pulsador, 10 A, 230/240V, Serie Coral, Marca BJC	14	5,29	74,06
5.6.1.8	Unid.	Fotocélula 10 A, 230/240V, Marca Rodman	1	40,20	40,20
5.6.1.9	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	32	22,00	704,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>1302,47</b>

**5.7 COMPENSACIÓN DE ENERGÍA REACTIVA****5.7.1 BATERÍA DE CONDENSADORES**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.7.1	Unid.	Suministro y montaje de batería automática de condensadores modelo RECTIMAT 2, formada por escalones de (7 de 1,25KVAR, 2,5KVAR, 5KVAR, 10KVAR, 20KVAR, 50KVAR, 100KVAR)=105KVAR en polipropileno metalizado, con dimensiones 1940x690x540 mm, con embarrado, fusible y contadores formando un conjunto compacto y protegido contra contacto directo	1	8842,00	8842,00
5.7.2	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	10	22,00	222,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>9062,00</b>

**5.8 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN****5.8.1 OBRA CIVIL**

5.8.1.1	Unid.	M.l.Bandeja metálica de rejilla galvanizada en caliente REJIBAND de 400x60 , incluso p.p. de uniones, soportes, fijaciones y mano de obra de instalación.	1	855,00	855,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>855,00</b>

**5.8.2 CASETA DEL CENTRO**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.2.1	Unid.	Caseta tipo PFU-4, de la marca ORMAZABAL, con paneles que forman la envolvente, armaduras de hormigón unidas entre sí y al colector de tierras. Se incluye el precio del montaje y del transporte.	1	8360,00	8360,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>8360,00</b>

**5.8.3 TRANSFORMADOR DE POTENCIA**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.3.1	Unid.	Transformador trifásico, con neutro accesible en el secundario, de potencia 630 KVA, refrigeración natural de aceite, de tensión 13,2/0,4KV, grupo de conexión Dyn11, tensión de cortocircuito 4%. Medidas del transformador: 1537 mm de largo, 941 mm de ancho y 1004 mm de alto, de 1330 Kg de peso total. Incluye instalación.	1	12410,00	12410,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>12410,00</b>



**5.8.4 APARAMENTA DE MEDIA TENSIÓN**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.4.1	Unid.	CELDA DE LÍNEA: CML Celda de llegada de línea, de la marca ORMAZABAL, Vn=24 KV, In=400 A, de 365 mm de ancho por 1735 mm de alto y 735 mm de fondo. Dotada con un interruptor seccionador de tres posiciones, permite comunicar el embarrado de conjunto de las celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de Media Tensión. Incluido el transporte, montaje y conexión	1	2675,00	2675,00
5.8.4.2	Unid.	CELDA DE MEDIDA: Celda de medida de tensión e intensidad con entrada inferior y salida superior lateral por barras, bajo envolvente metálica, de la marca ORMAZABAL, tipo CMM, Vn=24 KV, In=400 A, de 800 mm de ancho, 1800 mm de alto y 1025 mm de fondo, Con 3 transformadores de tensión y tres de intensidad. Incluido el transporte, montaje y conexión	1	5200,00	5200,00
5.8.4.3	Unid.	CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES: Celda CMP-F protección con fusibles asociados a la salida del cable, bajo envolvente metálica de la marca ORMAZABAL, Vn= 24KV, In= 400 A, de 480 mm de ancho por 1800 mm de alto y 850 mm de fondo. Incluye tres fusibles limitadores de 24 KV y 40 A. Incluido el transporte, montaje y conexión	1	2727,00	2727,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>10602,00</b>

**5.8.5 EQUIPOS DE BAJA TENSIÓN**

<b>Nº Orden</b>	<b>Unidades</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
5.8.5.1	Unid.	Armario metálico de distribución. Marca: Merlin Gerin. Modelo: Prisma, Sistema G, con IP55, de 7 módulos, de medida: 450x600x250 mm Con su placa de montaje y puesta a tierra Ref: 0830	1	166,63	166,63
5.8.5.2	Unid.	Interruptor automático Micrologic 2.0 NS1000N PdC 50KA, 4p	1	7777,55	7777,55
5.8.5.3	Unid.	BOBINA MX 220-240V 50/60HZ 208-277V 60HZ	1	116,04	116,04
5.8.5.4	Unid.	MG 50440 Toroidal MA 120mm	1	396,37	396,37
5.8.5.5	Unid.	MG 56173 Rele Dif.RH99M 30mA/30A 0-4,5s 220-240vac	1	276,01	276,01
5.8.5.6	Unid.	Interruptor automático magnetotérmico C60N 4p Calibre=10A PdC=15 KA Curva=D	1	359,43	359,43
5.8.5.7	Unid.	Interruptor diferencial Bloque Vigi C60 10A 4p 30mA	1	154,56	154,56
5.8.5.8	Unid.	Philips TMS022 1xTL-D58W HFS+GMS022 R	2	33,00	33,00
5.8.5.9	Unid.	LEGRAND C3 61510 6W	1	56,46	56,46
5.8.5.10	Unid.	Toma de corriente (2P+T)de 16 A con caja de empotrar, 230 V. Marca:Legrand	1	8,97	8,97
5.8.5.11	Metros	Tubo de termoplástico de PVC corrugado de color negro, temperatura máxima de instalación 20°C, Ø 20 mm	6	0,45	0,25
5.8.5.12	Metros	Cable RV-K 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian (2,5 mm2) Cobre	6	1,86	11,16
5.8.5.13	Metros	Cable RZ1 0.6/ 1 kV Flexible Marca: Prysmian 150 mm2	14	28,90	28,90
5.8.5.14	Unid.	Interruptor unipolar, 10 A, 230/240V, Serie: Coral Marca: BJC	1	3,90	3,90
5.8.5.15	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	16	22,00	352,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>10151,18</b>

**5.8.6 PUESTA A TIERRA DEL CENTRO**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.8.6.1	Unid.	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillo de 7x3 m a 0,8 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y 8 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 4 m de largo. Incluida línea de tierra interior formada por conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> . Incluidas arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluida soldadura aluminotérmica y otros elementos para conexión. Totalmente instalada y conexionada	1	980,00	980,00
5.8.6.2	Unid.	Puesta a tierra interior CT: Conjunto de conductores de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y conexionado a todas las partes metálicas (celdas, transformador, rejillas, herrajes, puerta, etc.)	1	180.50	180.50
5.8.6.3	Unid.	Tierra de servicio realizada en hilera con 9 m de conductor de cobre desnudo de 50 mm <sup>2</sup> uniendo 3 picas de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud separadas 3 m entre sí a 0,5 m de profundidad, unido al centro de transformación por conductor de cobre de 50 mm <sup>2</sup> RV-K 0.6/1 KV. Incluidas arquetas de registro y caja de seccionamiento. Incluidos elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado.	1	590,00	590,00
5.8.6.4	Unid.	Punta de tipo Franklin de 5 m de altura para la protección ante la descarga atmosférica de rayos de 10 KA. Totalmente instalado y conexionado	1	728,32	728,32
5.8.6.5	Horas	Mano de obra. Incluso elementos necesarios para su montaje	10	22,00	220,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>2698,82</b>

**5.8.7 TABLA RESUMEN**

SUBTOTAL	PRESUPUESTO TOTAL	IMPORTE (€)
5.8.1	Obra civil	855
5.8.2	Caseta del centro	8360
5.8.3	Transformador de potencia	10410
5.8.4	Aparamenta de media tensión	10602
5.8.5	Equipo de baja tensión	10151
5.8.6	Puesta a tierra del centro de transformación	2699
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>43077</b>

**5.9 SAI**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.9	Unid.	Ud. S.A.I. monofásica de 10KVA totalmente instalado y programado con las siguientes características: Marca: SALICRU Autonomía: 10 minutos. Tecnología ON-LINE doble conversión PWM, BYPASS estático y manual. SOFTWARE de comunicaciones. Entrada 230V+10% -15%. Salida 230V +-5%. Frecuencia 50Hz.	1	1228,00	1228,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>1228,00</b>

**5.10 EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Nº Orden	Unidades	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (€)	Importe (€)
5.10.1	Unid.	Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas.	4	4,25	17
5.10.2	Unid.	Arnés de seguridad con amarre dorsal + amarre torsal + amarre lateral, acolchado y cinturón giro 180º para trabajos de electricidad, fabricado con fibra de nylon de 45 mm y elementos metálicos de acero inoxidable.	2	62.44	124.88
5.10.3	Unid.	Placa señalización PVC serigrafiado de 50x30 cm, fijada mecánicamente.	4	12.35	49.4
5.10.4	Unid.	Señal de seguridad triangular y soporte de L=70 cm, normalizada, con trípode tubular, colocación y desmontaje según RD.485/97	2	14.56	29.12
5.10.5	Unid.	Gafas protectoras contra impactos, incoloras Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas	4	3.78	15.12
5.10.6	Unid.	Juego de tapones antirruido de silicona ajustables.	10	1.41	14.1
5.10.7	Unid.	Faja protección lumbar	4	3.84	15.36
5.10.8	Unid.	Chaleco de trabajo de poliéster-algodón	4	10.52	42.08
5.10.9	Unid.	Cinturón portaherramientas	2	6.74	13.48
5.10.10	Unid.	Mono de trabajo, de una pieza de poliésteralgodón	4	17.29	69.16
5.10.11	Metros	Par de guantes de uso general de maniobra	10	3.5	35
5.10.12	Unid.	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, amortizable en 3 usos	5	38.45	192.25
5.10.13	Unid.	Banqueta aislante para maniobrar la aparamenta	2	150.5	301.00
5.10.14	Unid.	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante	2	5.75	11.50
5.10.15	Unid.	Extintor de polvo químico ABC polivalente antigrasa de eficacia 34ª/233B, de 6 kg. De agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor, según norma UNE 23110 medida la unidad instalada	4	56.50	226,00
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>1155,45</b>

**5.11 RESUMEN DEL PRESUPUESTO DE LA INSTALACIÓN**

<b>ORDEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>TOTAL (€)</b>
5.1	Acometida	17214,00
5.2	Protecciones	69591,72
5.3	Conductores, Tubos y Canalizaciones	126446,00
5.4	Puesta a tierra	2639,43
5.5	Equipos de alumbrado	80581,00
5.6	Elementos varios	1302,47
5.7	Compensación de energía reactiva	9062,00
5.8	Centro de transformación	43077,00
5.9	SAI	1228,00
5.10	Equipos de seguridad y salud	1155,50
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>352297,12</b>
	Gastos generales (5%)	17614,86
	Beneficio Industrial (10%)	35229,71
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA SIN IVA</b>	<b>405141,69</b>
	IVA (21%)	85079,75
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>	<b>490221,44</b>
	Redacción del proyecto (4%)	14091,88
	Dirección de la obra (4%)	14091,88
	IVA (21%)	5918,591616
<b>TOTAL</b>	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>524323,80</b>

**El total del presente proyecto asciende a la cantidad de “QUINIENTOS VENTICUATRO MIL TRESCIENTOS VENTITRÉS EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS.**

PETICIONARIO

Ingeniero Técnico

**Sergio Berges Viniegra**

Pamplona, Abril de 2013.



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN”

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Sergio Berges Viniegra

Tutor: Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Marzo 2013

**ÍNDICE:****6. Estudio de Seguridad y Salud**

6.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	4
6.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA	4
6.2.1 Autor	4
6.2.2 Número de operarios previstos	4
6.3 CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD	4
6.4 RIESGOS GENERALES Y SU PREVENCIÓN	5
6.5 RIESGOS PROFESIONALES Y FACTORES DE RIESGO EN EL TRABAJO	6
6.5.1 El trabajo	6
6.5.2 La salud	6
6.5.3 Los riesgos profesionales	6
6.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD	8
6.6.1 Factores de seguridad en el lugar de trabajo	8
6.6.2 Máquinas y equipos de trabajo	9
6.6.3 Riesgo eléctrico	9
6.6.4 Riesgo de incendio	10
6.7 MEDIO AMBIENTE FÍSICO	11
6.7.1 Ruido	11
6.7.2 Vibraciones	11
6.7.3 Radiaciones	11
6.7.4 Condiciones termo - higiénicas	12
6.8 CONTAMINANTES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS	12
6.8.1 Contaminantes químicos	12
6.8.2 Contaminantes biológicos	13



6.9 PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN	13
6.9.1 Medicina preventiva y primeros auxilios	13
6.9.2 Formación sobre seguridad	13
6.10 ESPACIO DE TRABAJO	14
6.11 NORMAS IMPLANTADAS EN EL PRESENTE PROYECTO	14
6.11.1 Normas generales	14
6.11.2 Prevención de accidentes por caídas	15
6.11.3 Prevención de accidentes oculares	15
6.11.4 Prevención de accidentes por corte	16
6.11.5 Prevención de accidentes por quemaduras	16
6.11.6 Prevención de accidentes por atrapamiento	17
6.11.7 Prevención de accidentes con herramientas manuales	17
6.11.8 Prevención de accidentes en máquinas portátiles eléctricas	18
6.11.9 Prevención de accidentes en máquinas neumáticas	18
6.11.10 Prevención de accidentes de máquinas herramienta	18
6.11.11 Prevención en almacenamientos	19
6.11.12 Prevención de accidentes eléctricos	19

## **6.1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Conforme se especifica en el apartado 2 del Artículo 6 del R.D. 1627/1.997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables en la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del Real Decreto.)
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

## **6.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD DE REFERENCIA**

### **6.2.1 Autor**

La orden de encargo correspondiente, designa al Ingeniero Sergio Berges Viniegra, como encargado redactor del Proyecto y del Estudio Básico de Seguridad y salud.

### **6.2.2 Número de operarios previstos**

El número total de trabajadores en obra se calcula en veinte por lo que no se prevé que haya nunca más de quince simultáneamente, a los efectos de lo dispuesto en el artículo 4.1.b del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción. De ellos, no todos han de usar los mismos equipos de protección individual, sino que el uso de los mismos dependerá de las tareas y funciones que tengan encomendadas. En este número quedan englobadas todas las personas intervinientes en el proceso con independencia de su afiliación empresarial o sistema de contratación.

## **6.3 CONCEPTOS BASICOS SOBRE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**

El punto de partida para el desarrollo de las funciones del nivel básico de la actividad preventiva es el conocimiento de los conceptos y aspectos más generales relativos a la seguridad y a salud laboral y la prevención de los riesgos derivados del trabajo en la empresa.

**Objetivos:**

- Conocer los conceptos fundamentales que conforman el campo de la seguridad y salud laboral.
- Identificar la normativa básica que regula la materia de la seguridad y salud laboral.

La salud, en líneas generales, es el resultado de un proceso de desarrollo individual de la persona, que se puede ir logrando o perdiendo en función de las condiciones que rodean, es decir, su entorno y su propia voluntad.

La seguridad es la eliminación de todo riesgo profesional, o dicho de otra manera, la eliminación de toda posibilidad de daño a las personas o bienes, como consecuencia de circunstancias o condiciones de trabajo.

Una vez definido seguridad y salud, se deben de ver los posibles riesgos que se pueden tener en el trabajo, identificarlos en la nave del presente proyecto, y dar unas soluciones para minimizar lo máximo posible el riesgo de daño a personas o bienes.

## **6.4 RIESGOS GENERALES Y SU PREVENCIÓN**

Existen elementos energéticos agresivos presentes en el medio ambiente y generados por fuentes concretas. Estas energías son mecánicas, térmicas y/o electromagnéticas. Las más destacables son:

- Ruido.
- Vibraciones.
- Iluminación.
- Condiciones ambientales.
- Radiaciones ionizantes y no ionizantes.
- Caídas al mismo nivel.

Una vez visto los tipos de riesgos, es necesario poner medidas de seguridad, y para ello es conveniente:

- Identificar y valorar los diferentes factores de riesgo presentes en la actividad laboral y los daños que puedan ocasionar en la salud de los trabajadores.
- Reconocer las situaciones de riesgo para proponer y desarrollar acciones de prevención eficaces.

## **6.5 RIESGOS PROFESIONALES Y FACTORES DE RIESGO EN EL TRABAJO**

### **6.5.1 Trabajo**

El trabajo es la actividad que realiza el hombre transformando la naturaleza para su beneficio. Buscando satisfacer necesidades humanas, mejorar la calidad de vida, satisfacción personal....

Esta actividad puede provocar efectos no deseados sobre la salud de los trabajadores, ya sea por la pérdida o ausencia de trabajo (hoy en día la precariedad del mercado laboral y el paro suponen un importante problema para la salud, con repercusiones individuales, familiares y sociales) o por las condiciones en las cuales se realiza (accidentes, enfermedades derivadas del entorno laboral).

Aunque las formas de entender el trabajo han variado a lo largo de la historia, el trabajo presenta dos características fundamentales:

- **Tecnificación:** invención y uso de máquinas, herramientas y equipos de trabajo que facilitan la realización de las distintas tareas para la transformación de la naturaleza.
- **Organización:** planificación de la actividad laboral. Coordinando las tareas de los distintos trabajadores se consiguen mejores resultados.

Cuando no se controlan adecuadamente ambos efectos o no funcionan con corrección, aparecen riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores.

### **6.5.2 La salud**

La salud es según la Organización Mundial de la Salud el estado completo de bienestar físico, mental, social.

Debemos considerar la salud como un proceso permanente de desarrollo. No es fruto del azar y se puede perder y recuperar, según las condiciones laborales de cada trabajador.

### **6.5.3 Riesgos Profesionales**

Se trata de las situaciones que pueden romper el equilibrio físico, psíquico y social de los trabajadores.

La ley de prevención de Riesgos Laborales lo describe así:

*“Posibilidad de que un trabajador sufra un daño derivado de su trabajo. La calificación de su gravedad dependerá de la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.”*

El otro concepto relacionado a la prevención de riesgos es el peligro, que se define como propiedad o aptitud intrínseca de algún elemento de trabajo para ocasionar daños. En ocasiones se confunden estos dos términos.

- a) Condiciones de trabajo: Son cualquier característica del trabajo mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajo.

Ellas son:

1. Las características generales de los locales, instalaciones, equipos y otros útiles existentes en el centro de trabajo.
2. La naturaleza de los agentes físicos, químicos, biológicos presentes en el ambiente de trabajo y sus correspondientes intensidades.
3. Los procedimientos para el uso de los agentes citados que influyan en la generación de los riesgos.
4. Aquellas características del trabajo, incluidas aquellas relativas a su organización y ordenación, que influyan en la magnitud de los riesgos a que este expuesto un trabajador.

- b) Factores de riesgo: Es el elemento o conjunto de variables que están presentes en las condiciones de trabajo y que pueden originar una disminución del nivel de salud del trabajador. El estudio de estos factores se divide en 5 grupos:

- 1) Condiciones de seguridad: Son las condiciones materiales que pueden dar lugar a un accidente de trabajo.

- Lugar y superficie de trabajo.
- Máquinas y equipos de trabajos.
- Riesgos eléctricos
- Manipulación, transporte,...

- 2) Medio ambiente físico del trabajo: Aparecen de forma natural o modificada por el proceso de producción.

- Condiciones de temperatura, humedad, ventilación.
- Iluminación. Ruido.
- Vibraciones
- Radiaciones (ionizantes o no)

- 3) Contaminantes: Son elementos extraños al organismo humano capaces de producir alteraciones a la salud. Pueden ser:

- Contaminantes químicos, o las sustancias químicas que durante la fabricación, transporte, almacenamiento o uso puedan incorporarse al ambiente en forma aerosol, gas o vapor y afectar a la salud de los trabajadores. Su vía de entrada al organismo suele ser la respiratoria, pero también a través de la piel o por el aparato digestivo.
- Contaminantes biológicos, o los microorganismos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones en la salud, como pueden ser

bacterias, virus, pelos de animales, polen y polvo de los vegetales.

- 4) Exceso de carga física o mental: Tienen que ver con la organización y estructura empresarial, que suelen afectar en el ámbito físico y mental debido a los esfuerzos realizados por el trabajador.
  - Carga física, esfuerzos físicos de todo tipo así como situación estática.
  - Carga mental, nivel de exigencia psíquica de la tarea (monotonía, falta de autonomía,...).
- 5) Factores organizativos que afectan al tipo de jornada, horarios, decisiones a tomar, etc.: Para la prevención de estos factores de riesgo hay unas técnicas específicas a cumplir:
  - Seguridad en el trabajo.
  - Higiene industrial.
  - Medicina del trabajo.
  - Psicosociología.
  - Ergonomía.

Se deben adoptar las medidas necesarias para cumplir estos requisitos así previniendo los riesgos que puedan ocasionarse en el ámbito laboral.

## **6.6 CONDICIONES DE SEGURIDAD:**

### **6.6.1 Factores de seguridad en el entorno de trabajo.**

En el trabajo siempre se deberá cumplir:

- Condiciones constructivas, el diseño y características constructivas de los lugares de trabajo, como ofrecer seguridad frente a riesgo de resbalones o caídas, choques, golpes, derrumbamientos,... esos elementos son la seguridad estructural, espacios de trabajo en zonas peligrosas, suelos, aberturas, desniveles y barandillas, tabiques y ventanas, puertas, rampas, escaleras de mano, condiciones de protección contra incendios, acceso para minusválidos, instalación eléctrica,...
- Orden, limpieza y mantenimiento, en todas las zonas del trabajo.
- Señalización de seguridad y salud.
- Instalaciones de servicio y protección.
- Condiciones ambientales, temperatura, ruido, contaminantes,...
- Iluminación.

- Servicios higiénicos y locales de descanso, como fuentes de agua potable,
- Vestuarios, locales al aire libre,...
- Material y locales de primeros auxilios.

### 6.6.2 Máquinas y Equipos de Trabajo

Se debe tener en cuenta:

- Las condiciones características específicas del trabajo que se desarrolle.
- Los riesgos existentes para la seguridad y la salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- Las adaptaciones necesarias para su uso por trabajadores discapacitados.

Para disminuir la tasa de siniestralidad laboral en lo referente a los accidentes que se producen a causa de fallos de seguridad relacionados con las máquinas se necesita:

- Seguridad en el producto, el mercado CE garantiza la comercialización de máquinas y equipos que vengan de fábrica con los requisitos de seguridad necesarios para proteger a los trabajadores.
- Instalación, siguiendo instrucciones del fabricante y en los lugares apropiados
- Mantenimiento, por personal especializado.
- Uso adecuado, por el personal autorizado.

### 6.6.3 Riesgo Eléctrico:

Existen dos tipos de contacto eléctrico:

- Directo, con las partes activas de los materiales y equipos.
- Indirecto, con partes puestas accidentalmente bajo tensión.

Para evitar en la medida de lo posible los riesgos de los contactos eléctricos hay que:

- Alejar las partes activas, para evitar contactos fortuitos.
- Aislar también con recubrimientos apropiados.
- Interponer obstáculos para impedir contactos accidentales.

#### 6.6.4 Riesgo de Incendio:

Antes de iniciar los trabajos, el contratista encargado de los mismos debe informarse de la situación de las canalizaciones de agua, gas y electricidad, como instalaciones básicas o de cualquier otra de distinto tipo que tuviese el edificio y que afectase a la zona de trabajo.

Caso de encontrar canalizaciones de gas o electricidad, se señalarán convenientemente y se protegerán con medios adecuados.

Se establecerá un programa de trabajo claro que facilite un movimiento ordenador en el lugar de los mismos, de personal, medios auxiliares y materiales, es aconsejable entrar en contacto con el representante local de los servicios que pudieran verse afectados para decidir de común acuerdo las medidas de prevención que hay que adoptar.

En todo caso, el contratista ha de tener en cuenta que los riesgos de explosión de un espacio subterráneo se incrementan con la presencia de:

- Canalizaciones de alimentación de agua
- Cloacas
- Conductas eléctricas para iluminación de vías públicas
- Sistemas de semáforos
- Canalizaciones de servicios de refrigeración
- Canalizaciones de vapor
- Canalizaciones para hidrocarburos

Para paliar los riesgos antes citados, se tomarán las siguientes medidas de seguridad:

- Se establecerá una ventilación forzada que obligue a la evacuación de los posibles vapores inflamables.
- No se encenderán máquinas eléctricas, ni sistemas de iluminación, antes de tener constancia de que ha desaparecido el peligro.
- En casos muy peligrosos se realizarán mediciones de la concentración de los vapores del aire.

Está presente en cualquier actividad. Cuando estos rasgos se presentan es más fácil que se produzca un incendio:

- Combustible presente (cualquier sustancia capaz de arder)
- Comburente (sustancia que hace que otra entre en combustión)
- Fuente de calor (foco de calor)
- Reacción en cadena (proceso que acelera la propagación del fuego)

Factores a tener en cuenta en la actuación contra incendio:

- Diseño, estructura y materiales de construcción de las instalaciones
- Situación del centro de trabajo, tipo de actividad, edificios colindantes,...



- Detección y alarma, cualquier incendio es controlable si se detecta y localiza a tiempo, antes de propagarse y alcanzar grandes dimensiones.
- Medios de extinción, como son los equipos portátiles (extintores), instalaciones fijas (bocas de incendio, columnas secas, rociadores,...).
- Evacuación del personal, para evitar daños en la salud de los trabajadores se debe tener un plan de evacuación.

## **6.7 MEDIO AMBIENTE FÍSICO**

### **6.7.1 Ruido**

Las características del sonido que hacen diferentes unos ruidos de otros son:

- Frecuencia: es la periodicidad en que se repite una oscilación sonora. Se mide en hertzios y determina el tono. Las frecuencias altas o agudas son las más graves para la salud.
- Intensidad: fuerza de vibración sonora. Se mide en decibelios y determina el grado de precisión o energía sonora. Clasifica los sonidos en fuertes o débiles.

### **6.7.2 Vibraciones**

Son oscilaciones de partículas alrededor de un punto, en un medio físico equilibrado cualquiera. Se producen por el efecto propio del funcionamiento de una máquina o equipo.

Pueden producir varios efectos:

- Muy baja frecuencia (menos de 2 Hz): alteraciones del sentido del equilibrio, provocando mareos, náuseas y vómitos (movimiento de balanceo de coches, barcos,...)
- Baja y media frecuencia (de 2 a 20 Hz): afectan sobre todo a la columna vertebral, aparato digestivo y visión (vehículos y maquinaria industrial, tractores, obras públicas)
- Alta frecuencia (de 20 a 300 Hz): pueden producir quemaduras por rozamiento y problemas vasomotores.

### **6.7.3 Radiaciones**

Son ondas de energía que inciden sobre el organismo humano, pudiendo llegar a producir efectos dañinos para la salud de los trabajadores. Existen dos tipos:

- Radiaciones ionizantes: ondas de alta frecuencia (rayos X, rayos g, partículas atómicas,...) que tienen gran poder energético ya que pueden transformar la estructura de los átomos provocando la expulsión de electrones de su órbita.

Los efectos para la salud dependen de la dosis absorbida por el organismo. Puede afectar tanto a los tejidos como a los órganos, provocando desde náuseas, vómitos y cefaleas hasta alteraciones cutáneas y cáncer.

- Radiaciones no ionizantes: son ondas de baja o media frecuencia (microondas, infrarrojos, ultravioleta,...) que poseen poca energía (no producen la ionización de la materia). Pueden provocar efectos térmicos o irritaciones en la piel, hasta conjuntivitis, quemaduras graves, cáncer de piel.

#### **6.7.4 Condiciones termo higiénicas**

Son las condiciones físicas ambientales de la temperatura, humedad y ventilación, en las que se desarrolla un trabajo. Hay diferentes variables que deben considerarse de forma global:

- Temperatura del aire, humedad del aire, temperatura de paredes y objetos, velocidad del aire, actividad física, clase de ropa.
- Unas malas condiciones pueden provocar efectos negativos para la salud como resfriados, deshidratación, golpes de calor,... o efectos en la conducta como aumento de la fatiga.

### **6.8 CONTAMINANTES QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS**

#### **6.8.1 Contaminantes Químicos**

Son sustancias constituidas por materia inerte que pueden estar presentes en el aire que respiramos de forma sólida, líquida o gaseosa. Se pueden incorporar en el ambiente al transporte, fabricación, almacenamiento o uso.

Las vías de entrada en este organismo son:

- Vía respiratoria, nariz, boca, laringe, pulmones...
- Vía dérmica, se incorpora el contaminante a la sangre a través de la piel.
- Vía digestiva, todo el aparato digestivo más las mucosidades del sistema respiratorio.
- Vía parenteral, penetración por llagas, heridas o punciones.

Los efectos de estos contaminantes son:

- Irritantes, hinchazón de la zona de contacto
- Asfixiantes, impide la llegada de oxígeno a las células y altera los mecanismos oxidativos biológicos.
- Anestésicos, depresores del sistema nervioso central.
- Corrosivos, destruyen los tejidos con los que entran en contacto.
- Neumoconióticos, partículas sólidas que se acumulan en las vías respiratorias.
- Sensibilizantes, producen reacciones alérgicas.

- Cancerígenas, pueden ser mutágenos (modificaciones hereditarias) y teratógenos (producen malformaciones en la descendencia)
- Tóxicos sistémicos, alteran órganos y sistemas específicos.

### 6.8.2 Contaminantes Biológicos

Son microorganismos o partes de seres vivos que pueden estar presentes en el ambiente de trabajo y originar alteraciones. Son bacterias, virus y hongos, que penetran en el organismo y producen cualquier tipo de infección.

## **6.9 PLANES DE EMERGENCIA Y EVACUACIÓN**

### 6.9.1 Medidas Preventivas y Primeros Auxilios

1. Medicina preventiva: Las posibles enfermedades profesionales que puedan originarse en esta obra son las normales que trata la medicina del trabajo y la higiene industrial. Todo ello se resolverá de acuerdo con los servicios de prevención de empresa quienes ejercerán la dirección y el control de las enfermedades profesionales, tanto en la decisión de utilización de los medios preventivos como la observación médica de los trabajadores.
2. Primeros auxilios: Para atender a los primeros auxilios existirá un botiquín de urgencia según el número de trabajadores situado en los aseos, y se comprobará que, entre los trabajadores presentes en la obra, uno, por lo menos, haya recibido un curso de socorrismo.

A continuación señalaremos los Centros Médicos de Urgencia más próximos al emplazamiento de la nave proyectada:

**PAMPLONA:** Hospital Virgen del Camino  
Calle Irunlarrea 4, 31008 Pamplona – 948 42 94 00  
Distancia: 6,8 Km.

**Polígono Arazuri- Orkoien:** Mutua Universal  
Calle C, Parcela 10, 31160 Orkoien , Navarra – 948 01 04 60  
Distancia:

### 6.9.2 Formación sobre Seguridad

El Plan se especificará en el Programa de Formación de los trabajadores y asegurará que estos conozcan el plan. También con esta función preventiva se establecerá el programa de reuniones del Comité de Seguridad y Salud.

La formación y explicación del Plan de Seguridad será por un técnico de seguridad. El empresario deberá también analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de personal.

## **6.10 ESPACIO DE TRABAJO**

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables.

Sus dimensiones mínimas serán las siguientes:

- 3 metros de altura desde el piso hasta el techo. No obstante, en locales comerciales, de servicios, oficinas y despachos, la altura podrá reducirse a 2,5 metros.
- 10 metros cúbicos, no ocupados, por trabajador.

## **6.11 NORMATIVA IMPLANTADA EN EL PRESENTE PROYECTO**

### **6.11.1 Normas generales**

1. Todo aviso o señal de seguridad constituye una norma, por lo que se debe cumplir en todo momento.
2. Todo trabajador debe cumplir las indicaciones dadas por su superior en cuanto a métodos de Seguridad y Salud en el Trabajo.
3. Cualquier rotura, daño o defecto producido sobre las instalaciones, trabajadores, máquinas, etc..., deben ser comunicados de inmediato al personal responsable.
4. El lugar o puesto de trabajo debe mantenerse en todo momento ordenado y limpio.
5. El tránsito de personal por el taller debe efectuarse por los pasillos señalizados a tal efecto, y bajo ningún concepto se permite correr. Los pasillos y las calles deben estar libres de obstáculos.
6. Cualquier herida o lesión, por leve que sea, debe ser tratada de inmediato en el botiquín (primeros auxilios) por el personal responsable.
7. Sólo se puede comer y beber durante el tiempo establecido a tal efecto, en los recintos donde está expresamente permitido.
8. Durante el tiempo de trabajo está totalmente prohibido ingerir bebidas alcohólicas y productos de naturaleza narcótica. Tampoco se permitirá la entrada al trabajador que se encuentre en estado de embriagarse.
9. No se debe penetrar en los recintos cerrados ni en los de paso restringido al personal autorizado.
10. En recintos donde se almacenan materias fácilmente inflamables está terminantemente prohibido fumar.

11. Se debe conocer perfectamente el funcionamiento y ubicación de los extintores.
12. No se debe usar el aire comprimido para limpiar el polvo de las ropas o para quitar virutas.
13. Queda totalmente prohibido detenerse debajo de cargas suspendidas en el aire.
14. En los puestos donde se requiere, es obligatorio el uso de protección personal.
15. No se debe apilar o dejar material fuera de los lugares señalados.
16. Para la extracción de líquidos corrosivos, deben emplearse dispositivos que eviten salpicaduras, como son los volcadores, sifones,...
17. Revisar las herramientas de trabajo para asegurarse de su correcto estado de utilización.

#### **6.11.2 Prevención de accidentes por caídas**

1. Mantener el lugar o puesto de trabajo limpio, especialmente de grasa, aceite u otros líquidos.
2. Al subir o bajar escaleras fijas, apoyar toda la superficie del pie para evitar torceduras o resbalamientos. No correr en los desplazamientos.
3. No pisar objetos o zonas que carezcan de rigidez.
4. Señalizar y/o tapar los huecos que suponga riesgos de caídas.
5. Los pasillos y zonas de paso deben estar despejadas.
6. Si se debe acceder a algún punto de altura, emplear plataformas o escaleras perfectamente apuntadas, pero nunca se deben encaramar a las máquinas o estanterías, ni emplear taburetes, sillas, mesas o cajas, etc.
7. Al transportar una carga, procurar que no impida la visión.

#### **6.11.3 Prevención de accidentes oculares**

1. Las gafas de protección se usarán con todos sus componentes, sin desmontar sus protecciones laterales, y su obligatoriedad será fijada mediante carteles indicativos.
2. El buen uso y conservación es responsabilidad del usuario. En caso de necesitarlo el operario, las gafas se proveerán con cristales graduados.
3. Está prohibido retirar las protecciones contra la proyección de partículas de que disponen diversas máquinas.

4. El uso de las gafas es obligatorio cuando se trabaja con máquinas que carecen de protección contra la proyección de partículas.

#### **6.11.4 Prevención de accidentes por cortes**

1. En la manipulación de tablones se deben emplear toda clase de protecciones contra los cortes, como son guantes, manguitos, botas, etc.
2. Manipular las piezas de tamaño mediano y grande de una en una. Si la pieza se desliza no se debe intentar sujetarla.
3. El uso de guantes es estrictamente obligatorio durante el manejo de tablones punzantes, cortantes o con aristas vivas.
4. Las virutas de las máquinas se deben retirar con ganchos provistos de cazoletas que protejan la mano. Bajo ningún pretexto se utilizarán las manos para retirarlas.

#### **6.11.5 Prevención de accidentes por quemaduras**

Por ejemplo en el caso de quemaduras ocasionadas por el trabajador en el puesto de soldadura, o al final de la línea por coger sin guantes una pieza de plástico caliente.

Clases de quemaduras: Térmicas, Químicas y Eléctricas:

Quemaduras: Son lesiones de la piel y otros tejidos provocadas por diferentes causas como el calor, la electricidad, productos químicos, etc. Se clasifican en:

- Quemaduras de primer grado: la piel está enrojecida (eritema).
- Quemaduras de segundo grado: la parte interior de la piel (dermis) se quema, formándose ampollas (flictena) llenas de un líquido claro.
- Quemaduras de tercer grado: la piel está carbonizada y los músculos, vasos y huesos pueden estar afectados. La gravedad de las quemaduras depende de: Su extensión, Localización y Suciedad o no de la misma.

Tratamiento ante quemaduras:

- Eliminar o suprimir la causa. Si la ropa está en llamas, impedir que el accidentado corra, enrollarlo en una manta o abrigo o hacerlo rodar por el suelo.
- Enfriar la quemadura. Rociar las regiones quemadas con abundante agua a una temperatura entre 10 y 20°C, durante 10 ó 15 minutos.
- Cubrir las quemaduras. Proteger las quemaduras con sábanas limpias y a ser posible con compresas estériles.

- Cubrir al herido. Con una manta o similar al fin de evitar el enfriamiento general.
- Posición horizontal del quemado. Generalmente de espaldas o en posición lateral si tiene quemada la espalda o boca abajo si tiene quemados los costados y la espalda.
- No dar de beber ni comer al quemado grave.
- Avisar a los servicios de urgencias (112).
- Evacuación inmediata.

#### **6.11.6 Prevención de accidentes por atrapamiento.**

1. Se debe tener precaución con el movimiento de elementos que pueden atrapar algún miembro por compresión.
2. Se debe tener precaución con los elementos de máquinas o instalaciones en donde el movimiento de traslación o rotación pueda arrastrar al trabajador por enganche de un miembro o parte de su vestimenta.
3. No se debe acompañar con las manos desplazamientos automáticos de piezas y máquinas.
4. Se debe tener precaución con el moviendo de los componentes de máquinas en los que puedan entrar o quedar atrapadas cualquier parte del cuerpo.

#### **6.11.7 Prevención de accidentes por uso de herramientas manuales**

1. Las herramientas manuales sólo se deben emplear para el fin por el que se han concebido, y nunca con segundas aplicaciones ni fines auxiliares. Por ello debe procurarse que no tengan defectos ni desgastes que dificulten su correcta utilización.
2. Todas las herramientas manuales deben permanecer perfectamente limpias; en el momento de utilizarlas, las manos deberán estar secas y limpias de grasas o aceites que impidan la seguridad en la sujeción.
3. Las herramientas cortantes o punzantes se mantendrán debidamente afiladas y deberán carecer de rebabas. Cuando no se utilicen estarán provistas de fundas protectoras para filos o puntas.

**6.11.8 Prevención de accidentes por uso de máquinas portátiles eléctricas**

1. Los enchufes y alargaderas eléctricas deben ser inspeccionados periódicamente, revisando la funda protectora de los hilos, y las conexiones de las clavijas.
2. Se debe evitar poner las máquinas sobre lugares húmedos.
3. Las tomas de corriente nunca se deben efectuar directamente con los cables, sino con clavijas normalizadas.
4. En trabajos con amoladora, pulidoras, etc., el operario deberá mantenerse siempre fuera del plano de rotación del disco.
5. Al trabajar con estas herramientas en lugares húmedos o en locales donde se suda mucho, se deben utilizar transformadores que reduzcan la tensión a menos de 50 voltios.
6. En caso de avería, los cables no se deben reparar con cinta aislante, ya que con el tiempo se reseca, pierde el poder adhesivo y absorbe la humedad; lo correcto es reemplazarlos por otros nuevos.

**6.11.9 Prevención de accidentes por uso de máquinas neumáticas**

1. Los racores y la herramienta deben estar bien acoplados a la máquina, por ellos se deben revisar periódicamente.
2. Nunca se debe doblar la manguera para cortar el aire, sino que se debe interrumpir desde la fuente de alimentación.
3. Las mangueras de aire comprimido se mantendrán fuera de los pasillos y de paso con objeto de no tropezar con ellas ni de que puedan ser atrapadas por ruedas de vehículos y, en consecuencia, ser dañadas.
4. No se debe dirigir el aire a presión hacia las demás personas.

**6.11.10 Prevención de accidentes por uso de máquinas herramienta**

1. Antes de poner en marcha una máquina, se deben conocer las operaciones que se han de realizar y su correcto empleo.
2. Debe prestarse la máxima atención al proceso de trabajo establecido para cada operación.
3. No se debe hincar ningún trabajo sin que las protecciones de la máquina estén correctamente colocadas.



4. En operaciones con máquinas herramientas, el operario debe llevar la ropa de trabajo bien ajustada al cuerpo, con las mangas ajustadas a la muñeca y sin que los cinturones tengan libres o suelos los extremos.

#### **6.11.11 Prevención de accidentes en almacenamiento**

1. Al almacenar los materiales se deberá evitar:
  - Obstruir el acceso a las tomas de agua, extintores, llaves contra incendio, cuadros eléctricos, interruptores, cajas de fusible, válvulas, máquinas, etc.
  - Bloquear los equipos de primeros auxilios, puertas o salidas de personal, pasillos, etc.
  - Dejar ocultos carteles informativos, señales de seguridad, indicaciones, etc.
2. Al almacenar materiales pesados, se debe tener en cuenta que los pisos inferiores sean más resistentes.
3. Almacenar correctamente para evitar los riesgos de accidentes debidos al paso de trabajadores y carretillas.
4. Tipo de apilado (a la hora de almacenar):
  - Cruzado: Se coloca una capa de materiales en ángulo recto con la capa inmediatamente inferior.
  - De bidones: De pie con el tapón hacia arriba; entre fila y fila habrán de ir tablas de madera como suponte y protección.

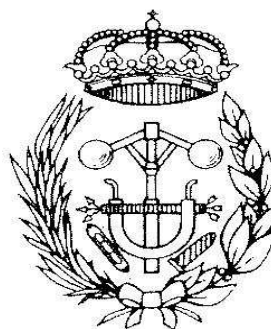
#### **6.11.12 Prevención de accidentes eléctricos.**

1. Bajo ningún concepto se deben tocar los conductores eléctricos desnudos.
2. Nunca se deben manipular las instalaciones eléctricas; es tarea del personal especializado.
3. Cualquier instalación, máquina o aparato eléctricos deben ser inspeccionados detenidamente antes de su utilización, así como sus cables y anclajes.
4. Si se observa alguna chispa, desconectar y solicitar la revisión por los expertos.
5. No colocar los cables sobre hierro, tuberías, chapas o muebles metálicos.

6. Al desconectar un aparato, tirar de la clavija, nunca del cable.
7. No se debe reparar un fusible, sino sustituirlo por uno nuevo.
8. Nunca se debe apagar un incendio de origen eléctrico con agua. Se deben utilizar extintores de anhídrido carbónico o de polvo.
9. Cómo proceder en caso de accidente eléctrico por contacto:
  - Desconectar la corriente.
  - Alejar al accidentado por contacto, empleando materiales aislantes, guantes de goma, madera seca, etc. No tocarlo sin estar aislados.
  - Practicar la respiración artificial inmediatamente.
  - Avisar al médico.

j) Las cinco reglas básicas contra riesgos eléctricos:

- Antes de utilizar cualquier aparato o instalación eléctrica hay que asegurarse de su perfecto estado.
- Para utilizar un aparato o instalación eléctrico, sólo se deben manipular los elementos de mando previstos para tal fin.
- No se deben emplear aparatos eléctricos ni instalaciones eléctricas cuando accidentalmente se encuentran mojadas, o cuando la misma persona tenga las manos o los pies húmedos.
- En caso de avería o incidente, se debe cortar la corriente como primera medida, después avisar al personal especializado.
- En caso de avería de la instalación o de la herramienta, se debe llamar al electricista, no se debe utilizar la instalación y se ha de impedir que otros la utilicen.



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BT DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL CON CENTRO DE TRANSFORMACIÓN”

## BIBLIOGRAFÍA

Sergio Berges Viniegra

Tutor: Jose Javier Crespo Ganuza

Pamplona, Marzo 2013

## **ÍNDICE:**

### **7. Bibliografía**

7.1 REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS	3
7.2 PÁGINAS WEB DE EMPRESAS	4

## **7.1 REGLAMENTO, NORMATIVAS Y LIBROS**

Para la realización de este proyecto se han debido de consultar, los reglamentos, normativas y libros que a continuación se exponen:

- Reglamento Electrónico de Baja Tensión (R.D.842/2002, de 2 agosto 2002).
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Colección de Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre Acometidas Eléctricas. Colección Leyes, Normas y Reglamentos. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el Suministro de energía Eléctrica.
- Normas Tecnológicas de la edificación. Código Técnico de la Edificación.
- Normas UNE y Recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de “Iberdrola distribución eléctrica”.
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para C.T. conectados a redes de tercera categoría (UNESA).
- Instalaciones eléctricas de alumbrado e industriales. Fernando Martínez Domínguez. Ed. Paraninfo.
- Manual Práctico de Iluminación. Franco Martín. AMV Ediciones.
- Libro de DIBUJO ELÉCTRICO, de Esquemas de Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión de José Javier Crespo Ganuza e Iñaki Ustarroz Irizar.
- Catálogos Aparamenta de BT de MERLIN GERIN: Interruptores automáticos, diferenciales, contactores, bases de corriente y cofrets modulares.
- Catálogo de lámparas y luminarias PHILIPS.

## **7.2 PÁGINAS WEB DE EMPRESAS:**

### **7.2.1 Empresas de las que se han escogido los productos:**

Las direcciones de las páginas Web de los distintos fabricantes de los que se han escogido los distintos elementos para realizar el presente proyecto son las siguientes:

- **ELEKTRA:** Catálogo de material eléctrico con multitud de marcas y modelos.  
<http://www.grupoelektra.es/>
- **SCHNEIDER / MERLIN GERIN:** Todo tipo de productos y sistemas de distribución eléctrica. Interruptores automáticos, magnetotérmicos, interruptores automáticos diferenciales, transformadores de potencia...  
<http://www.schneiderelectric.es/>
- **ORMAZABAL:** Centros de transformación, celdas y elementos relacionados.  
<http://www.ormazabal.com/>
- **PRYSMIAN:** Cables eléctricos desde Muy Alta Tensión hasta Muy Baja.  
<http://www.es.prysmian.com/>
- **LEGRAND:** Lámparas y luminarias de emergencia y señalización. Tomas de corriente. Caja para tomas de corriente.  
<http://www.legrand.es/>
- **BJC:** Bases de enchufe, interruptores, conmutadores...  
<http://www.bjc.es/>
- **PEMSA:** Sistemas de bandejas metálicas para cables.  
<http://www.pemsa-rejiband.com/>
- **CIMABOX:** Productos relacionados con la conectividad, Voz, Datos y Multimedia.  
<http://www.cimabox.com/>
- **RODMAN:** Fabricante de avisadores acústicos y luminosos, automatismos y alarmas.  
<http://www.rodmanintl.com/>
- **SALICRU:** Empresa dedicada a fabricación de equipos de protección energética de equipos electrónicos.  
<http://www.salicru.com/>

### **7.2.2 Otras direcciones WEB de interés:**

- **UNESA:** Asociación de la Industria Española.  
<http://www.unesa.es/>
- **IBERDROLA:** Genera, distribuye y comercializa electricidad y gas natural.  
<http://www.iberdrola.es/>